

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE COMPUTAÇÃO  
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ROMÁRIO DA SILVA FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* MULTI ESTRATÉGIA PARA  
NEGOCIAR EM BOLSA DE VALORES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MEDIANEIRA**

**2021**

ROMÁRIO DA SILVA FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* MULTI ESTRATÉGIA PARA  
NEGOCIAR EM BOLSA DE VALORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento Acadêmico de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito total para obtenção do título de “Bacharel em Ciência Computação”.

Orientador: Prof. Ms. César Angonese

**MEDIANEIRA**

**2021**



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* MULTI ESTRATÉGIA PARA NEGOCIAR EM BOLSA DE VALORES**

Por

**ROMÁRIO DA SILVA FERREIRA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 16:00h do dia 30 de abril de 2021 como requisito total para a obtenção do título de Bacharel no Curso de Ciência da Computação, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Ms. César Angonese  
UTFPR - Câmpus Medianeira

---

Prof. Dr. Paulo Lopes de Menezes  
UTFPR - Câmpus Medianeira

---

Prof. Dr. Alan Gavioli  
UTFPR - Câmpus Medianeira

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## RESUMO

FERREIRA, Romário da Silva. DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* MULTI ESTRATÉGIA PARA NEGOCIAR EM BOLSA DE VALORES. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Ciência da Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2021.

Com intuito de colaborar com os agentes participantes do mercado de capitais, os poupadores de recursos, este trabalho propõe o desenvolvimento de um *software trader* que possibilite realizar previsões das cotações de ações, bem como operar baseando-se nos resultados obtidos das aproximações ao utilizar o método de interpolação polinomial da forma de Newton como indicador de compra ou venda de ações, possibilitando potencializar os lucros e reduzir as perdas nos investimentos. Foram avaliados as ações de empresas com capital aberto utilizando a plataforma *MetaTrader 5* como ferramenta auxiliar para realizar a coleta de dados, bem como permitir a execução do *software trader* na plataforma.

Apresentam-se os resultados para estratégias alpha, beta, newtoniana com e sem ajuste, onde pode-se observar que beta obteve superioridade no resultado financeiro, entretanto, newtoniana sem ajuste alcançou o maior lucro bruto entre as técnicas, alpha apresentou pouquíssimas negociações e baixos benefícios financeiros, se comparado com as demais. Para newtoniana com e sem ajuste se visualiza a redução na quantidade de negociações realizadas ao aplicar o ajuste automático.

O trabalho mostra a possibilidade para realização de negociações automatizadas no mercado de capitais, embora a proposta não tenha solucionado inicialmente os problemas dos investidores de curto prazo, tem-se um *software trader* generalista que permite reutilização. Entretanto, alcançou-se o objetivo de desenvolvimento e comparação de estratégias para o *software trader*. Trabalhos futuros podem ser desenvolvidos a partir do trabalho proposto, implementando redes neurais artificiais e novas estratégias.

**Palavras-chave:** Sistema financeiro, Sistema de negociação, Algoritmos financeiros

## ABSTRACT

FERREIRA, Romário da Silva. DEVELOPMENT OF A MULTI STRATEGY SOFTWARE FOR TRADING ON THE STOCK EXCHANGE. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Ciência da Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2021.

In order to collaborate with the agents participating in the capital market, the savers of resources, this work proposes the development of a *software trader* that makes it possible to make quotation predictions of actions, as well as operating based on the results obtained from the approximations when using the polynomial interpolation method Newton's form as an indicator of buying or selling shares. making it possible to increase profits and reduce losses in investments. The shares of publicly traded companies were evaluated using the *MetaTrader 5* platform as an auxiliary tool to perform data collection, as well as allowing the execution of *software trader* on the platform.

The results are presented for alpha, beta, newtonian strategies with and without adjustment, where it can be seen that beta obtained superiority in the financial result, however, Newtonian without adjustment achieved the highest gross profit among the techniques, alpha presented very few negotiations and benefits low financial costs compared to the others. For Newtonians with and without adjustment, the reduction in the amount of trades carried out when applying the automatic adjustment is visualized.

The work shows the possibility to carry out automated trading in the capital market, although the proposal did not initially solve the short-term investors' problems, there is a generalist *software trader* that allows reuse. However, the objective of developing and comparing strategies for the *software trader* was achieved. Future work can be developed from the proposed work, implementing artificial neural networks and new strategies.

**Keywords:** Financial system, Trading system, Financial algorithms

**Dedico este Trabalho...**

Aos meus pais, pela vida.

Em especial a minha amável mãe **Elvira da Silva**, que sempre me apoiou nos momentos mais difíceis. Aos meus irmãos **Rafael, Renata e Rodrigo**, pelas palavras de incentivo nos momentos de aflição. A minha sobrinha **Emanuely** que possuo carinho e mimo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos os professores do curso de ciência da computação que compartilharam seus conhecimentos em sala de aula e acompanharam o meu desenvolvimento enquanto universitário. Sou grato especialmente ao Prof. Ms. César Angonese que foi meu orientador, auxiliando nas pesquisas e revisando meu trabalho, o meu muito obrigado a todos.

“A vida dá golpes horríveis e injustos. Saiba utilizá-los de forma construtiva.”

Charles Thomas Munger.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– Apresentação da interface gráfica do <i>software</i> Meta Trader 5	33
FIGURA 2	– Apresentação da interface gráfica do <i>software</i> MetaEditor 5	34
FIGURA 3	– Apresentação do testador de estratégia	35
FIGURA 4	– resultados em gráfico do testador de estratégia	36
FIGURA 5	– Apresentação do testador de estratégia em modo visual	37
FIGURA 6	– Comunicação para obtenção dos dados	38
FIGURA 7	– Dados de cotações quando exportados	41
FIGURA 8	– Exibe o formato de dados para os resultados financeiro	41
FIGURA 9	– Polinômio interpolador exemplo.	44
FIGURA 10	– Etapas do projeto	46
FIGURA 11	– Parte da modelagem do sistema em diagrama de classes, apresenta-se a estratégia alpha .	51
FIGURA 12	– Parte da modelagem do sistema em diagrama de classes, apresenta-se a estratégia beta .	51
FIGURA 13	– Parte da modelagem do sistema em diagrama de classes, apresenta-se a estratégia newtoniana.	52
FIGURA 14	– Diagrama de caso de uso	53
FIGURA 15	– Parte da modelagem com diagrama de classes, apresenta-se os sinais e a super classe sinal	54
FIGURA 16	– Exemplo de posição vendida na estratégia alpha .	55
FIGURA 17	– Indicador de Newton prevendo valor	58
FIGURA 18	– Expressão Regular usada para tratamento de dados obtidos do arquivo CSV gerado pelo testador de estratégia	59
FIGURA 19	– Gráfico de comparativo do fator de lucro por estratégias	63
FIGURA 20	– Gráfico de comparativo do fator de recuperação por estratégias	64
FIGURA 21	– Gráfico de Comparativo do total de negócios realizados por ações em estratégias	65
FIGURA 22	– Gráfico de comparativo das posições vendidas realizados por ações em estratégias	65
FIGURA 23	– Gráfico de comparativo das posições de compra realizados em ações por estratégias	66
FIGURA 24	– Gráfico de comparativo do capital final por ações e estratégias	66
FIGURA 25	– Gráfico do comparativo de desempenho da estratégia alpha com ajuste nas empresas selecionadas.	67
FIGURA 26	– Gráfico do comparativo do desempenho da estratégia beta com ajuste automático aplicado nas empresas selecionadas.	70
FIGURA 27	– Gráfico do comparativo de desempenho da estratégia newtoniana sem ajustes aplicado nas empresas selecionadas.	73
FIGURA 28	– Gráfico do comparativo de desempenho da estratégia newtoniana com ajuste nas empresas selecionadas.	76
FIGURA 29	– Exibe a visão geral sobre a estrutura do <i>software</i> com diagramas de classe.	84
FIGURA 30	– Diagrama de estrutura do <i>software</i> .	85

FIGURA 31 – Parte 1 das negociações concretizadas no uso da estratégia alpha aplicada na empresa EMPA1 .....	87
FIGURA 32 – Parte 2 das negociações concretizadas no uso da estratégia alpha aplicada na empresa EMPA1 .....	88
FIGURA 33 – Parte 3 das negociações concretizadas no uso da estratégia alpha aplicada na empresa EMPA1 .....	89

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	–	Períodos gráficos possíveis para coleta de dados .....	39
TABELA 2	–	Empresas S/A que foram objeto do estudo comparativo .....	40
TABELA 3	–	Esquema prático para o cálculo dos operadores. ....	45
TABELA 4	–	Parâmetros dos ajustes estratégicos por estratégia e proporção .....	50
TABELA 5	–	Comparativo do desempenho de estratégia por empresas .....	62
TABELA 6	–	Comparação por métricas o desempenho das estratégias .....	62
TABELA 7	–	Resultado das previsões para estratégia newtoniana sem ajuste .....	73

## LISTA DE SIGLAS

15M	Frequência de coleta de dados em 15 Minutos
1H	Frequência de coleta de dados em 1 hora
1M	Frequência de coleta de dados em 1 Minuto
30M	Frequência de coleta de dados em 30 Minutos
4H	Frequência de coleta de dados em 4 horas
5M	Frequência de coleta de dados em 5 Minutos
B2B	Business to business
B3	Brasil Bolsa Balcão
B3SA3	Código da ação B3
BKE	<i>Break even</i>
CMN	Conselho Monetário Nacional
CSV	<i>Comma-separated values</i>
CVM	Comissão de Valores Mobiliários
D1	Frequência de coleta de dados diário
DDR3	Memória de acesso aleatório dinâmica síncrona com fluxo de dados duplo tipo 3
EA	Experts Advisors
FIX	<i>Financial information exchange</i>
GPU	Graphic Processing Unit
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IBOV	Indicador médio de desempenho do mercado de ações no Brasil
IBRX	Índice da bolsa de valores composta de 100 ações mais negociadas
IBRX-50	Índice da Bolsa de Valores de São Paulo composta por 50 ações mais negociadas
IDE	Integrated Development Environment
IPCA	Índice de preços no consumidor
IPO	Oferta pública inicial
ITAG	Índice de retorno total
LR	Regressão linear
Mb	Mega byte
MDD	Matriz das diferenças divididas
ME5	<i>MetaEditor 5</i>
MIPFN	Método de interpolação polinomial da forma de Newton
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
MN	Frequência de coleta de dados mensal
MQL5	MetaQuotes Language 5
MT5	<i>MetaTrader 5</i>
ON	Ação Ordinária
PN	Ação Preferencial
REGEX	Expressão Regular
SA	Sociedade Anônima
SL	Stop loss
SSD	Solid state drivers

TP	Take profit
TSP	Trailing stop
UML	Linguagem de Modelagem Unificada
W1	Frequência de coleta de dados semanal

## LISTA DE SÍMBOLOS

$f$	Função
$g$	Função simplificada
$p_n(x)$	Polinômio interpolador
$k$	Índice do operador de diferenças divididas
$a$	Coefficiente polinomial
$\mathbf{A}$	Matriz de Vandermonde
$\prod$	Produtório
$l$	Índice do produtório
$j$	Índice do produtório
$n$	representação para o valor enésimo
$p$	Polinômio
$\sum$	Somatório
$x$	Operador de diferenças divididas de Newton

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
1.1	JUSTIFICATIVA	19
1.2	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	20
1.3	ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	21
<b>2</b>	<b>SISTEMA FINANCEIRO</b>	<b>22</b>
2.1	MERCADO DE CAPITAIS	23
2.2	BOLSA DE VALORES	25
2.2.1	Brasil Bolsa Balcão (B3)	26
2.2.2	Ações	27
2.3	INVESTIDOR	29
2.3.1	Tipos de investidores	30
2.4	SOFTWARE TRADER	32
2.5	PLATAFORMA METATRADER 5	32
2.6	TESTADOR DE ESTRATÉGIAS	34
2.7	COLETA DE DADOS	38
2.8	FORMATO DOS DADOS	40
<b>3</b>	<b>INTERPOLAÇÃO POLINOMIAL</b>	<b>42</b>
3.1	FORMA DE NEWTON	44
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO</b>	<b>46</b>
4.1	RECURSOS DE HARDWARE	47
4.2	RECURSOS DE SOFTWARE	47
4.3	DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE	48
4.3.1	Estratégias	49
4.3.1.1	Estratégia Alpha	50
4.3.1.2	Estratégia Beta	51
4.3.1.3	Estratégia Newtoniana	52
4.3.2	Sinais	53
4.3.2.1	Sinal Squad 1	55
4.3.2.2	Sinal Random	56
4.3.2.3	Sinal Newton	56
4.4	INDICADOR DE NEWTON	57
4.5	TESTANDO ESTRATÉGIAS	57
4.6	TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	58
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>61</b>
5.1	RESULTADOS DA ESTRATÉGIA ALPHA	63
5.2	RESULTADOS DA ESTRATÉGIA BETA	69
5.3	RESULTADOS DA ESTRATÉGIA NEWTONIANA SEM AJUSTE AUTOMÁTICO	71
5.4	RESULTADOS DA ESTRATÉGIA NEWTONIANA COM AJUSTE AUTOMÁTICO	74
5.5	COMPARATIVO GERAL DAS ESTRATÉGIAS	76

<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>78</b>
6.1	CONCLUSÕES	78
6.2	TRABALHOS FUTUROS	80
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>81</b>
.1	APÊNDICE A	84
.2	APÊNDICE B	86



## 1 INTRODUÇÃO

O mercado de ações é uma parte considerável e importante de qualquer economia, e devido a isso o seu entendimento é constante alvo de vários estudos (NELSON, 2017). Investidores, economistas e pesquisadores de diversas áreas procuram modelos e informações que possam ajudá-los a entender e possivelmente prever as reações comportamentais do mercado (NELSON, 2017).

No Brasil, o mercado de capital por competência vem ganhando a atenção das pessoas e empresas, sendo um macro captador de recursos financeiros. Para mobiliários (2019) o mercado de capitais tem uma grande importância no desenvolvimento do país, ele conceitua que estimula a poupança e o investimento produtivo, o que é essencial para o crescimento de qualquer sociedade econômica moderna.

No intuito de colaborar com os operadores que realizam negociação *day trade*, neste trabalho foi desenvolvido um *software trader* genérico, onde possibilitou a inclusão de quatro estratégias e sinais, sendo necessário somente um indicador, os principais componentes do sistema são o núcleo, estratégia e sinais, onde se nomearam os elementos estratégicos para o desenvolvimento, como alpha, beta e newtoniana, todos são procedimentos contendo o seu respectivo sinal para tomada de decisão.

Os sinais são componentes de *software* que tomarão a decisão para realizar a negociação, foram desenvolvidos os sinais *squad1*, *random* e Newton, para o *squad* as tomadas de decisões são baseadas nos dois últimos valores de fechamento, *random* fará seus julgamentos aleatoriamente e Newton decidirá considerando as previsões retornadas do indicador Newtoniano, sendo este a implementação do Método da interpolação polinomial da forma de Newton (MIPFN). O desenvolvimento permitirá que as pessoas participantes do mercado de capitais, em específico as ações, façam uso do *software* como aliado em seus investimentos.

No início deste estudo, primordialmente pesquisou-se sobre o tema do trabalho para boa compreensão da proposta, com resultados interessantes e satisfatórios, decidiu-se por continuar a pesquisa de modo organizado em parcelas, com base neste critério definiram-se os tópicos de interesses a serem pesquisados, sendo eles sistema financeiro e mercado de capitais,

bolsa de valores, investidor, especuladores, tipos de investidores, plataformas de negociação, linguagens de programação entre outras subdivisões relevantes e relacionados ao caso de aprendizagem, o entendimento do *software*, detalhamento das funcionalidades, ambiente de implantação e formas de realizar. Ao compreender como o *software trader* deve ser, então detalharam-se as funcionalidades e escolheu o ambiente de implantação, bem como a maneira de realizá-lo.

No mercado de capitais foi abordado o estudo sobre a bolsa de valores com objetivo de esclarecer sua importância no sistema financeiro e na economia, neste trabalho foi considerado somente o mercado de capitais, desconsiderando a aprendizagem sobre os mercados de câmbio, crédito e mobiliário, pois, no contexto desta obra não é pertinente a pesquisa destes assuntos.

Existem variáveis que não foram consideradas no escopo deste estudo, pois, é demasiada sua complexidade e imprevisibilidade, porém, ao deixar de verificar tais circunstâncias podem-se implicar em desempenho negativo nos resultados previstos pelo *software* podendo torná-lo ineficiente. Exemplos destas variáveis são: tomadas de decisões da diretoria ou seus acionistas majoritários, situações políticas, econômicas, ambientais, sanitárias entre outras circunstâncias imprevisíveis que possam apresentar comportamento anormal ao mercado de capitais.

O *software* realizou somente previsão dos dados que foram coletados, sendo passado como parâmetros de entrada para o método de interpolação MIPFN, as informações foram coletadas por meio da comunicação do *software* desenvolvido e devidamente instanciado na plataforma de negociação, usando uma estabelecida corretora.

As corretoras nacionais viabilizam a criação de contas para negociação, tem-se os dois tipos principais, as contas reais que expõem o capital do investidor ao risco, e as contas demonstrativas que não expõem. Neste trabalho usará conta demonstrativa, pois, é um estudo experimental e não é desejável correr riscos reais, ambas as contas permitem realizar testes automatizados de estratégias na base de dados do mercado.

Não foi estudado sobre a análise fundamentalista, pois, este tipo de estudo busca conhecer as empresas de forma aprofundada, procurando entender os fundamentos da empresa, logo, não é objeto de aprendizagem visto que nesta proposta não há objetivo em aprender os princípios de determinadas companhias que venham a ser comercializadas no uso do *software*, porém, o assunto é de extrema relevância aos interessados em tornar-se investidores de médio e longo prazo, pois, estes buscam retorno sobre o lucro da companhia indiferentemente do valor cotado.

O investidor que trabalha com tempo curto ou curtíssimo intervalo de análise, deve possuir experiência e praticidade, deve estar com bom nível mental para manter consistência

em seus negócios, no entanto, ela não é realidade para a maioria dos investidores de acordo com o estudo levantado por Chague e Giovannetti (2020), visto que muitos atuam sem boas técnicas ou ainda não tem praticidade e experiência em comercialização no modo verídico e desconsideram fatores importantes para manter-se estável nas negociações.

Os autores Chague e Giovannetti (2020) apresentam que a consistência ao longo do tempo é algo difícil de se conseguir! Os investidores que estão expostos ao sistema financeiro com frequência ou não, estão sujeitos a erro humano. Existem diversos fatores que podem causar absurdidade humana, são eles: saúde mental, falta de conhecimento, estar desatualizado, tempo, insegurança, ansiedade, ganância, impaciência, investidor sobrecarregado, incompetência, entre outros inúmeros erros que são capazes de surgir devido à exposição ao mercado de capitais.

O *software trader* pode ser útil para os investidores que realizam negócios frequentemente, eximindo o investidor de possíveis erros quando exposto ao mercado, pois, o *software* buscará remover a subjetividade e superficialidade das negociações.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Abordou-se esse tema como interesse pessoal, pois, desejou-se entender o comportamento do método de interpolação polinomial da forma de Newton ao ser aplicado como indicador no mercado acionário, bem como o desempenho do *software trader*. Acreditou-se na proposta de solucionar o problema de prever preços futuros dos instrumentos disponibilizados pelo mercado de capitais. Ao pesquisar-se sobre o assunto, os resultados não foram significativos quando relacionado o método de interpolação polinomial da forma de Newton com implementações em *software trader*. Acreditou-se que a carência de obras contextualizando este assunto, seria motivo suficiente para elaboração deste estudo comparativo, a presente argumentação permitiu iniciar e intitular a atividade de pesquisa.

Adotou-se o segmento de renda variável para realização dos experimentos devido a maiores oscilações que o próprio mercado possibilitaria. Na renda variável escolheram-se as ações por normalmente terem liquidez e volatilidade em relação a outros instrumentos financeiros. Não foi objeto de estudo o segmento de renda fixa e seus títulos, pois, as baixas oscilações de mercado não atendiam a necessidade desta aprendizagem.

A conclusão deste trabalho auxiliará a comunidade de investidores que estão

interessados em realizar negociações na bolsa de modo automático desde que os resultados sejam satisfatórios, contribuirá com os interessados no assunto a entenderem melhor sobre suas pesquisas quando relacionado ao tema, contribuirá com programadores de *softwares* para comercialização de instrumentos financeiros, permitindo um melhor entendimento da integração entre indicadores e *software*, se lucrativo poderá contribuir com investidores iniciantes em especulações a aumentarem seu capital consistentemente de tal forma que viabilizem sua permanência no mercado.

Permite que a tomada de decisão dos investidores que usem a proposta desenvolvida deixe de ser subjetiva, tornando-a objetiva, onde passa a ser descontinuado o uso de informações externas ao mercado, tais como: mídias, *internet*, boletins entre outros canais informativos, evitando assim o tratamento e análise de informações para as tomadas de decisões do investidor a serem realizadas, visto que a decisão é única e exclusivamente obtida dos dados do histórico de mercado por intermédio da plataforma de negociação quando aplicado o *software trader*.

Possibilita a reusabilidade e melhoria deste *software* em novos projetos acadêmicos, visto que o mesmo tem foco em seu delineamento e desenvolvimento, pensou-se na generalização dos componentes, possibilitando a criação de novas estratégias que poderão ser usadas em estudos que envolvam o mercado, proporcionando também inovações na administração do risco e tomada de decisões pelos sinais alternativos viabilizando ainda realizar a integração de indicadores que foram personalizados, assim aumentando o interesse em produzir comparações de resultados financeiros e desempenho no mercado acionário.

## 1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver o *software trader* generalista e comparar suas estratégias especialistas por instrumentos financeiros.

Os objetivos principais foram divididos em objetivo específico:

- Projetar e desenvolver o *software trader* que negocie em bolsa de valores;
- Avaliar e concluir o método de interpolação polinomial da forma de newton;
- Testar o *software trader* em conta demonstrativa;
- Comparar os resultados financeiros em período determinado e definido no projeto;
- Apresentar as comparações das diferentes estratégias por empresas avaliadas sendo devidamente organizadas em gráficos;

- Avaliar e discutir sobre os resultados das negociações realizadas pelo *software trader*.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Organizou-se o documento na seguinte forma. No capítulo 2 foi exposto o sistema financeiro e suas divisões. A seção 2.1 exhibe e contextualiza o mercado de capitais, expõe-se o estudo realizado sobre o mesmo, bem como sua função dentro do sistema financeiro.

A seção 2.2 trata sobre o assunto da bolsa de valores. A seção 2.3 apresenta sobre o investidor e quais são os tipos de investidores. A seção 2.4 apresenta o embasamento de *software trader*. A seção 2.5 contextualiza a plataforma metatrader 5, onde explica quem é o mantenedor da mesma, qual sua finalidade, as licenças, bem como a IDE de programação.

A seção 2.6 mostra o testador de estratégia, e sua utilidade para dar credibilidade ao funcionamento da técnica. A seção 2.7 apresenta a estrutura necessária para obtenção e exportação dos dados, bem como foi feito o processo. A divisão 2.8 explica como os dados foram exportados, bem como os tipos de arquivos que foram utilizados. No capítulo 3 explanam-se sobre o método de interpolação polinomial da forma de Newton na seção 3.1 apresentam-se as fórmulas necessárias que compõem à estratégia newtoniana.

Os materiais e método utilizados encontram-se no Capítulo 4, foram descritas todas as etapas para o desenvolvimento do projeto. Na seção 2.4 é dada uma visão geral sobre *software trader*, sendo apresentado os requisitos necessários para o desenvolvimento do *software*. Na seção 5 é apresentado os resultados obtidos. Na seção 4.1 descreveram-se os recursos de *hardwares* que foram utilizados e seção 4.2 descreveram-se os recursos de *softwares* que foram necessários.

No capítulo 5 apresenta-se os resultados obtidos das estratégias alpha, beta, newtoniana com e sem ajuste durante o intervalo que foram analisadas. No capítulo 6, foram feitas as considerações finais do trabalho, concluindo-se a presente obra e sugerindo possibilidades de trabalhos futuros.

## 2 SISTEMA FINANCEIRO

“O sistema financeiro pode ser definido como o conjunto de instituições, produtos e instrumentos que viabiliza a transferência de recursos ou ativos financeiros entre os agentes superavitários e os deficitários da economia” (PORTAL DO INVESTIDOR, 2021). No mercado tradicional, o dinheiro depositado em bancos por poupadores é utilizado pelas instituições financeiras para financiar alguns setores da economia que precisam de recursos.

“Dentro do sistema financeiro, o fluxo de fundos pode ser dividido em segmentos distintos, dependendo das características e necessidades dos diferentes grupos” (MOHAMED et al., 2010). Assim, é importante entender que o sistema financeiro está dividido em quatro outros mercados, que cumprem finalidades específicas em suas linhas de atuação, sendo eles: mercado de câmbio, crédito, monetário e capital.

**Mercado de câmbio:** É o mercado onde são negociadas as trocas de moedas estrangeiras por reais. O Banco Central do Brasil é o responsável pela administração, fiscalização e controle das operações de câmbio e da taxa de câmbio atuando através de sua Política Cambial (PORTAL DO INVESTIDOR, 2019a).

**Mercado de crédito:** Atuam neste mercado diversas instituições, sendo financeiras ou não prestando serviços de intermediação dos recursos de curto e médio prazo para agentes deficitários que necessitam de recursos para consumo, ou capital de giro (PORTAL DO INVESTIDOR, 2019a).

**Mercado monetário:** É o mercado onde se concentram as operações para controle da oferta de moeda e das taxas dos juros de curto prazo com intenções de garantir a liquidez da economia (PORTAL DO INVESTIDOR, 2019a).

**Mercado de capitais:** Tem como objetivo canalizar recursos de médio e longo prazo para agentes deficitários, através das operações de compra e venda de títulos e valores mobiliários, efetuadas entre empresas, investidores e intermediários (PORTAL DO INVESTIDOR, 2019a)

O mercado de capitais está contido no sistema financeiro e movimenta os recursos financeiros de longo prazo. Neste mercado encontram-se toda a rede que formam a bolsas de valores, sendo os bancos, companhias de investimentos, seguradoras, corretoras cada uma com

seu interesse, de modo geral seus interesses são em comprar e vender instrumentos financeiros, neste contexto, os mais negociados são índices, ações, títulos de dívida dentre outros.

## 2.1 MERCADO DE CAPITAIS

“O mercado de capitais corresponde às negociações envolvendo títulos de dívida e propriedade emitidos por empresas” (PESENTE, 2019). “É o grande municiador de recursos permanentes para a economia, em virtude da ligação que efetua entre o que têm capacidade de poupança, ou seja, os investidores, e aqueles carentes de recursos ao longo prazo, ou seja, que apresentam *deficit* de investimento” (NETO, 2019).

É um mercado extremamente competitivo, investidores interessados em negociar na bolsa devem estar atentos às mudanças que ocorrem nela e fora dela, possivelmente identificar o que ocorrerá no futuro, viabilizando a realização de bons negócios.

É muito comum ouvir ou ler sobre opiniões de outros investidores negociantes, onde muitos afirmam que para diluir os riscos e maximizar os ganhos, é necessário diversificar a carteira de ativos. Para Potrich (2021) a diversificação de investimentos tem como objetivo diluir os riscos e maximizar os ganhos, por meio da alocação do dinheiro em diferentes classes e ativos financeiros.

A distribuição do capital de investimento, dificulta as perdas desproporcionais ao dinheiro do investidor, considerando que os instrumentos financeiros valorizam-se e desvalorizam-se durante o passar do tempo. Os investidores que diversificam, de certo modo, tem maior segurança no capital investido em relação aos que não diferenciam seus ativos, pois, um único ativo poderá desvalorizar facilmente 5%, considere este valor empiricamente, enquanto a carteira de investimento tem maior facilidade para contrabalancear o capital, pois, nela enquanto alguns ativos desvalorizam-se outros valorizam-se.

É complicado realizar negociações curtas em curtos períodos! Principalmente quando se trata da quantidade dos instrumentos financeiros essa complexidade aumenta demasiadamente, bem como o acúmulo de ativos pode gerar dificuldades no gerenciamento de negócios e capital, isso considerando pequenos períodos de negociações.

O mercado de capitais para Pesente (2019), corresponde ao segmento do sistema financeiro em que são criadas as condições para que as empresas captem recursos diretamente dos investidores. Já Mobiliários (2017) diz que o mercado de capitais é aquele em que os

investidores, poupadores, alocam o seu excedente de recursos diretamente no tomador, na forma de investimento, para o desenvolvimento de uma determinada atividade, promovendo a formação do capital, ligando poupança e investimento, com o propósito avolumar a eficácia da aplicação econômica dos recursos disponíveis.

Para Perobelli (2018) a função do mercado de capitais é permitir e viabilizar a transferência de recursos financeiros entre os agentes econômicos poupadores, os quais dispõem de patrimônio, e aqueles que deles necessitam, os tomadores de fundos, sendo necessários para o surgimento e desenvolvimento das sociedades anônimas.

“A grande vantagem para sociedades anônimas fazerem uso dos mercados de capitais é marcado pela desintermediação financeira, pois, nele as operações são efetuadas diretamente entre poupadores e tomadores” (MOBILIÁRIOS, 2017). O fato da sociedade anônima não necessitar de instituições financeiras para realizar a captação de recursos financeiros, é grandemente vantajoso para SA, pois, deste evita-se pagar juros elevados a entidades financeiras.

[...] No mercado de capitais, por outro lado, os agentes superavitários emprestam seus recursos diretamente aos agentes deficitários. Porém, as operações ocorrem sempre com a intermediação de uma instituição financeira, que atuam principalmente como prestadoras de serviços, estruturando as operações, assessorando na formação de preços, oferecendo liquidez, captando clientes, distribuindo os valores mobiliários no mercado, entre outros (MOBILIÁRIOS, 2019).

De acordo com Mobiliários (2015), nas últimas duas décadas, o desenvolvimento do mercado de capitais nacional proporcionou o progresso empresarial e estimulou a adoção mais ampla de práticas para sustentabilidade e governança corporativa, ampliando as possibilidades de captação dos recursos por empresas de diferentes portes.

Mohamed et al. (2010) descrevem que no sistema financeiro são utilizados dois tipos de instrumentos financeiros, sendo títulos de dívida e ativos de patrimônio líquido. A partir destes instrumentos diferencia-se dentro do mercado de capitais, a renda fixa, que possui títulos de dívida, como exemplo, dívidas do governo, e o mercado acionário (renda variável), onde as transações com ativos de patrimônio líquido são efetuados.

Os instrumentos financeiros são ativos, papéis, contratos entre outros que são negociados na bolsa de valores, em renda variável pode-se negociar diversos ativos financeiros, sendo eles: ações, opções, títulos públicos e privados, *commodities*. Para que estes instrumentos financeiros sejam negociados é necessário um intermediador, que deverá garantir a realização das negociações. De acordo com Pinheiro (2019) o surgimento da bolsa é bastante remota, os comerciantes reuniam-se no centro das cidades para negociar ao ar livre como qualquer mercado.



A palavra bolsa no sentido comercial e financeiro tem origem no fim do século XIII com o nome da família de nobres belgas, os *Van der Buerse*, cujo brasão de armas era três bolsas de pele simbolizando honradez e méritos por sua atuação na área mercantil (PINHEIRO, 2019).

## 2.2 BOLSA DE VALORES

As bolsas de valores são instituições que podem se constituir como sociedade anônima (SA) de caráter econômico que têm como objeto a negociação pública mercantil de títulos e valores mobiliários, ou seja, é um local onde se compram e vendem ações (PINHEIRO, 2019). Possui autonomia financeira, patrimonial e administrativa, “estão sujeitas ao controle e à regulamentação de algum órgão governamental de controle, como é o caso da Comissão de Valores Mobiliários (CVM) no Brasil” (PINHEIRO, 2019) que obedecem às diretrizes e políticas emanadas do Conselho Monetário Nacional (CMN).

Para Brito (2019) a essência da existência de Bolsas de Valores é dar liquidez aos títulos negociados, através de pregões consecutivos, bem como possibilitar a divulgação das informações necessárias para o bom funcionamento do mercado. São instrumentos financeiros conhecidos: ações, debêntures, títulos mobiliários, *commodities* e vários outros tipos de contratos disponíveis no mercado.

Na bolsa de valores os investidores poderão investir em renda fixa ou variável, a renda fixa traz segurança ao investidor devido sua forma de cálculo ser conhecida no momento da aplicação, de acordo com Neto (2019) a remuneração prefixada define a taxa de juro prometida pelo título no momento da aplicação, revelando ao investidor exatamente qual será o seu retorno. Carrete (2019) expõe que os títulos pós-fixados, por outro lado, terão sua remuneração indexada a um fator previamente definido, como, por exemplo, pela Selic, pelo Índice de preços no consumidor (IPCA) ou pela variação cambial. Portanto, investimentos em renda fixa são menos arriscados e mais recomendados para os investidores de perfil conservador. Contrariamente à renda fixa, tem-se a renda variável, sua forma de cálculo não é conhecida no momento da aplicação, portanto, os investimentos em renda variável são mais arriscados e recomendados para os perfis agressivos.

No segmento de renda variável pode-se investir através de vários ativos financeiros. Os ativos são títulos que são negociados na bolsa de valores, sendo alguns deles: ações, opções, títulos públicos e privados, *commodities*. “As ações são a menor parte do capital

social de uma organização, sendo um certificado de propriedade o qual poderá ser negociado na bolsa de valores” (STEFANI et al., 2013). Os títulos públicos são meios do governo captar recursos e financiar a dívida pública, podendo ser eles pré-fixados ou pós-fixados, títulos privados têm o mesmo objetivo e são conhecidos como debêntures, empresas procuram emitilos como meio de arrecadação de verba, ao invés de solicitar um empréstimo ao banco. Emitir debêntures é vantajoso a uma empresa, pois, ao usar este artifício evita-se a pagar taxas aos bancos. *Commodities* do inglês (mercadorias), são produtos que funcionam como matéria-prima, produzidos em escala e que podem ser estocados sem perda de qualidade (CERBASI, 2008), como petróleo, suco de laranja congelado, boi gordo, café, soja, ouro dentre outros.

No Brasil, hoje a bolsa de valores resume-se a **B3**, cujo nome foi estilizado para [B]<sup>3</sup> em referência ao Brasil, Bolsa, Balcão, no entanto, o nome não foi sempre assim, a B3 foi conhecida como BM&FBovespa, Bovespa e anterior aos nomes citados cada estado federativo do Brasil possuía sua bolsa de valores. Em 23 de agosto de 1890 o Presidente Emílio Range Pestana fundou a Bolsa Livre, desta maneira deu-se início à bolsa de valores no Brasil como ela é conhecida hoje.

### 2.2.1 Brasil Bolsa Balcão (B3)

A B3 é uma das principais empresas com infraestrutura de sistema financeiro no mundo. Atuante em ambiente de bolsa e balcão, cujo capital é aberto, onde suas ações são identificadas pelo código (B3SA3) são negociadas no novo mercado, a companhia integra os índices IBOV, IBRX-50, IBRX e ITAG entre outros índices. Reúne ainda tradição de inovação em produtos e tecnologia e é uma das maiores em valor de mercado, com posição global de destaque no setor de bolsas (BRASIL BOLSA BALCÃO, 2019).

As atividades da B3 são de acordo com sítio *web* oficial Brasil Bolsa Balcão (2019) a criação e administração de sistemas de negociação, compensação, liquidação, depósito e registro para todas as principais classes de ativos, desde ações e títulos de renda fixa corporativa até derivativos de moedas, operações estruturadas e taxas de juro e de commodities. A B3 também opera como contraparte central garantidora para a maior parte das operações realizadas em seus mercados e oferta serviços de central depositária e de central de registro (BRASIL BOLSA BALCÃO, 2019). Através de sua unidade de financiamento de veículos e imóveis, a companhia oferece produtos e serviços que suportam o processo de análise e aprovação de

crédito em todo o território nacional, tornando a metodologia de incentivo mais ágil e segura.

### 2.2.2 Ações

As ações constituem a menor parcela do capital social de uma sociedade anônima. São valores caracteristicamente negociáveis e distribuídos aos subscritores que são os acionistas de acordo com a participação monetária efetivada (NETO, 2019; CARRETE, 2019).

As ações são classificadas, as principais classes são ordinárias (ON) e preferenciais (PN), para os detentores de ações ON possuirão direito a voto em assembleias caso possua mais de 5% das ações, bem como o detentor de ações PN possuirão preferência no recebimento de dividendos, no entanto, é negado o voto em assembleias, exceto em casos excepcionais onde a empresa deixa de realizar os pagamentos de dividendos aos detentores de ações preferenciais por mais de três anos consecutivos.

As empresas que decidirem tornar-se sociedades anônimas deverão sujeitar-se ao mercado acionário, assim sendo necessário que as empresas realizem a oferta pública inicial (IPO), "O IPO, sigla em inglês de *Initial Public Offering*, é a primeira venda das ações de uma companhia no mercado, dando início a futuras negociações em bolsas de valores" (NETO, 2019).

Os investidores que estão interessados na proposta da empresa, podem adquirir ações de acordo com suas classes e assim terá uma parcela da companhia, tornando-se acionista. Quando a entidade faz um IPO abrindo seu capital, deverá deixar claro para os interessados qual é seu plano de negócios, quais suas projeções para o seu futuro, para assim estimular o interesse no negócio.

Caso o investidor possua desejo em comprar na abertura de um IPO ele deverá informar seu interesse em adquirir as ações da empresa, este processo não é burocrático, mas possui datas importantes que deverão ser seguidas, para este processo de aquisição das ações em IPO o investidor não tem garantias que irá adquirir a quantidade solicitada, e sim receberá de acordo com o mercado de IPO (MOBILIÁRIOS, 2017).

Assim pode-se mostrar a divisão do mercado de capitais, no qual é feita em duas partes, sendo elas igualmente importantes, sendo elas: mercado primário e secundário.

**Mercado Primário:** Refere-se ao mercado primário quando qualquer ativo financeiro tem seu primeiro negócio, para Neto (2019) o mercado primário é representado pela negociação direta e primária entre o emitente dos títulos o governo e seus adquirentes as instituições

financeiras, Brito (2019) descreve que o investidor deve subscrever as ações, revertendo o produto dessa subscrição para a companhia.

**Mercado Secundário:** Carrete (2019) descreve e caracteriza o mercado secundário pela compra e venda de títulos que já foram emitidos, ou seja, não representa uma captação de recursos pelo tomador. Brito (2019) expõe que as ações anteriormente lançadas pela companhia são negociadas no mercado secundário.

Mohamed et al. (2010) salienta que o funcionamento do mercado primário depende fundamentalmente do mercado secundário, pois, os ativos dificilmente encontrariam colocação em seus lançamentos primários se não contassem com a liquidez do mercado secundário posteriormente.

As ações são consideradas aplicações de alto risco, não há formas para garantir que o capital renderá um determinado percentual em um período conhecido, assim sendo o principal motivo de serem categorizadas na renda variável. De acordo com Oliveira (2018) “Risco financeiro significa estar exposto à volatilidade” e ainda amplia conceituando o risco financeiro, definindo como a “contingência ou probabilidade de ocorrência para perda patrimonial como resultado de uma transação financeira”.

Devido ao fato das ações apresentarem alto risco, é o tipo de investimento que também poderá gerar maiores rendimentos no curto, médio e longo prazo. Para Neto (2019) “A postura de um investidor em relação ao risco é pessoal, não se encontrando uma resposta única para todas as situações”. Todo investidor, a partir da comparação racional que pode promover entre as utilidades das alternativas financeiras disponíveis, pode construir uma escala em forma de tabela para suas preferências, conceito essencial de sua decisão em condições de risco (NETO, 2019).

Existem diversas maneiras e métodos para reduzir o risco, algumas metodologias são descritas por Piazza (2008).

- Não operar contra tendência;
- Procurar diversificar seu capital em dois ou mais papéis, montando uma carteira (conjunto de ativos que um investidor possui em seu poder em determinado momento), ao invés de escolher apenas uma empresa para investir;
- Ter uma estratégia de ação bem desenvolvida e segui-la com disciplina, não mudando de opinião a cada pequena oscilação do mercado;
- Fazer uso incondicional do *stop*<sup>1</sup> de proteção, evitando assim, as grandes perdas.

O investidor que possui boa administração de riscos, terá condições de assegurar que mesmo na pior das hipóteses, ainda se mantenha com quase a totalidade do seu capital investido.

---

<sup>1</sup>A ordem stop loss (Parar de perder) indica sua intenção de interromper a perda em uma posição aberta.

## 2.3 INVESTIDOR

Qualquer pessoa poderá tornar-se investidor, podem ser pessoas físicas ou jurídicas, investidores são indivíduos que estão interessadas em algum benefício próprio futuro, aqueles que adquirem pedaços de empresas com capital aberto e tornam-se proprietários parcialmente e são chamados de acionista, caso o sócio possua uma quantia significativa de ações, possuindo o maior percentual entre os outros sócios, então passa a ser considerado de acionista majoritário, para os investidores que detêm de pequenas quantias das ações da empresa, considera-se de acionista minoritário.

Existe a possibilidade do investidor trabalhar sozinho ou em grupos, podendo escolher ambas possibilidades, ao optar trabalhar em grupos, poderá selecionar as seguintes formas de grupos para investir, sendo elas: clube de investimentos e fundo de investimentos, pode soar que as duas são parecidas, porém, a principal diferença entre elas, são os gestores, onde o fundo de investimento pode ser comparado a um condomínio no qual o gestor escolhe as opções de carteira e o investidor é chamado de cotista, já no clube de investimento o qual é formado por um intervalo de três a 50 pessoas, também chama-se o investidor de cotista, o clube de investimento é mais voltado para o pequeno investidor, o gestor do clube poderá ser qualquer cotista do próprio clube. Na bolsa existem diversos clubes e fundos de investimentos, os quais procuram investidores interessados no mesmo propósito, os clubes e fundos são importantes para o mercado de capitais bem como o investidor que opera sozinho (PIAZZA, 2008; CERBASI, 2008).

O ser humano procura antever a ocorrência de situações que poderá afetar positiva ou negativamente, os investidores então constantemente procurando constatar tais acontecimentos, sempre estão atentos às situações de mudanças que ocorrem nos ativos da bolsa de valores, visando identificar o que ocorrerá no futuro a períodos curtos, médios e longos. O grande problema é que os mercados não se comportam em linha reta (ELDER, 2006), sendo o mercado de ações extremamente competitivo, onde os touros movem o mercado para cima e os ursos movem para baixo.

Carteiras de investimentos, também conhecidas como portfólio de investimento, são formadas por instrumentos financeiros que o investidor escolhe, podem ser títulos de renda fixa ou variável. De acordo com Cerbasi (2008) “bons investidores diversificam suas carteiras procurando minimizar o risco”, porém, essa prática não irá assegurar a perda do capital, somente evitará a prejuízo de forma abrupta. Realizar o gerenciamento de carteira diversificada torna-se difícil à medida que ela está crescendo, ou seja, ao realizar a inclusão de novos ativos deve-se ter

maior cuidado da parte do investidor, visto que quanto maior a quantidade de ativos para cuidar, mais exigirá do investidor, em função do crescimento da quantia dos instrumentos financeiros deve-se aumentar proporcionalmente a experiência para ocorrer este acompanhamento de forma saudável para que se obtenha os benefícios futuros.

Para os investidores que possuem características próximas ou iguais, foram criados perfis que os identificasse, existe uma instrução que é identificada pelo número 539, que traz regras para adequar produtos, serviços e operações financeiras ao perfil do cliente, chamado de *suitability*<sup>1</sup> (GUBIANI, 2016). Para realizar investimentos os investidores deverão fazer a avaliação, caso o investidor escolha não fazer a avaliação deverá assinar um termo, a avaliação tem como objetivo identificar qual perfil mais se assemelha com suas escolhas, aos iniciantes é importante adotá-las caso não possua nenhum conhecimento sobre investimentos, cada perfil enquadra-se aos tipos de investidores, onde os perfis de investimentos mais conhecidos são conservadores, moderado e arrojado, dependendo da região onde o investidor está localizado pode haver mesclagem ou variações nos nomes e na quantidade de perfis.

### 2.3.1 Tipos de investidores

Pessoas distintas têm pensamentos, raciocínio e decisões diferenciadas, como toda pessoa o investidor não é diferente, as decisões são baseadas no raciocínio e nos pensamento, podem ser também fundamentadas por modelos matemáticos.

No sistema financeiro caracteriza-se os tipo de investidores, sendo eles os ativos e passivos, de modo respectivo os investidores classificados como ativos, são conhecidos como especuladores, pois, estão ativamente realizando operações na bolsa, de forma que suas negociações ocorrem com frequência, essa classe de investidor dá maior liquidez aos ativos. Os investidores passivos, agem de forma tranquila, este tipo não opera com frequência, não possui preocupação a pequenas oscilações do mercado, normalmente fazem investimentos a longo prazo, tem uma visão ampla do mercado antes de aplicar seu capital de investimento.

Sendo assim, facilitou-se a classificação dos investidores em perfis, normalmente em intervalos de tempo respondem perguntas em forma de questionário, para identificar qual perfil

---

<sup>1</sup>É uma avaliação dos perfis de investidores, tem como objetivo identificar qual perfil um investidor possui mais semelhanças.

os investidores adequam-se.

**Conservador:** Prioriza a segurança como ponto decisivo para as suas aplicações, tem como ideal manter percentual maior da sua carteira de investimentos em ativos de baixo risco, mas pode investir uma pequena parcela em ativos que ofereçam níveis de riscos diferenciados, com objetivo de atingir ganhos no longo prazo (BRASIL, 2019; PORTAL DO INVESTIDOR, 2019b).

**Moderado:** Deseja segurança nos seus investimentos, mas também aceita investir em ativos com maior risco que podem proporcionar ganhos melhores no longo prazo. Diversificar é a estratégia indicada para os investimentos de clientes com esse perfil (BRASIL, 2019; PORTAL DO INVESTIDOR, 2019b).

**Arrojado:** Busca possibilidade de maiores ganhos no longo prazo, para isso aceita correr mais riscos. Para proteger seu patrimônio faz aplicações em ativos de baixo risco (BRASIL, 2019; PORTAL DO INVESTIDOR, 2019b).

Existem investidores que vivem somente da atividade de investir, de acordo com InfoMoney (2019), este profissional é conhecido como *trader*<sup>1</sup>, dedica várias horas por dia para conquistar seus lucros, é um investidor que procura realizar seus ganhos com operações de ativos em curto prazo, aproveitando-se da volatilidade do mercado. O *trader* é fundamental para o funcionamento do mercado, pois, ele é quem ajuda a “precificar” os ativos no curto prazo, além de dar maior liquidez ao mercado. “*traders* têm como objetivo profissional sentar todos os dias em frente ao computador, comprar pela manhã um determinado título e revendê-lo à tarde com lucro, operação chamada de *day-trader*<sup>2</sup>” (CERBASI, 2008).

Os investidores possuem grande importância para economia de um país, os mesmos financiam projetos de empresas, que muitas vezes seriam impossíveis de serem realizados sem os recursos transferido dos investidores, vários setores da economia fazem uso do sistema financeiro para captar tais recursos, porém, sem intermédio dos grandes bancos, que cobram taxas elevadas para empréstimos.

---

<sup>1</sup>Negociador, em inglês.

<sup>2</sup>Abertura e fechamento de operação no mesmo dia.

## 2.4 SOFTWARE TRADER

O *software traders* são robôs de investimento, Lemos (2018) apresenta robôs de investimentos como sendo programas de computador que realizam uma sequência de tarefas específicas para a execução de operações na Bolsa de Valores com processos totalmente automatizados, sem nenhuma intervenção humana.

Para Zimmermann (2015) o sistema financeiro da bolsa de valores no Brasil está em evolução rápida na questão do uso da tecnologia. “O lado positivo de usar o modelo arcaico, é que o *day trader* consegue ter o feeling <sup>1</sup>”.

De acordo com Lemos (2018) os robôs operam de seguindo com as regras preestabelecidas, respeitando cenários, indicadores, condições de entrada e saída entre outros critérios usados para investir, realizando de modo automático o roteamento de ordens para a bolsa.

A plataforma MT5 permite implantar *softwares* que realizem negociações de acordo com instruções previamente definidas, estes *softwares* são conhecidos como *expert advisors* (EA).

“[...] O *expert advisor* tem como conceito incorporar o *setup*<sup>2</sup>, tomar as decisões que provavelmente o *trader* tomaria, mas sem envolver o lado emocional. A emoção acaba frustrando trades que podem ser extremamente lucrativos. Além disso, o robô faz milhares de cálculos por minuto, mexe com a probabilidade e com as chances, através de filtros, tornando-se uma das ferramentas mais apreciadas pelo *trader* moderno e, geralmente de alto padrão” (ZIMMERMANN, 2015)

## 2.5 PLATAFORMA METATRADER 5

Para realizar o desenvolvimento do *software* investidor, necessita-se de um ambiente que facilite este processo, desta forma foi adotado o uso da plataforma *MetaTrader 5* (MT5)<sup>1</sup>, sendo ela muito bem reconhecida na comunidade de investidores, seu desenvolvimento foi realizado no ano de 2000 por uma empresa da Rússia especializada em B2B (QUOTES, 2019).

<sup>1</sup> Modo ou capacidade de sentir uma situação; percepção, sensibilidade ou sentimento.

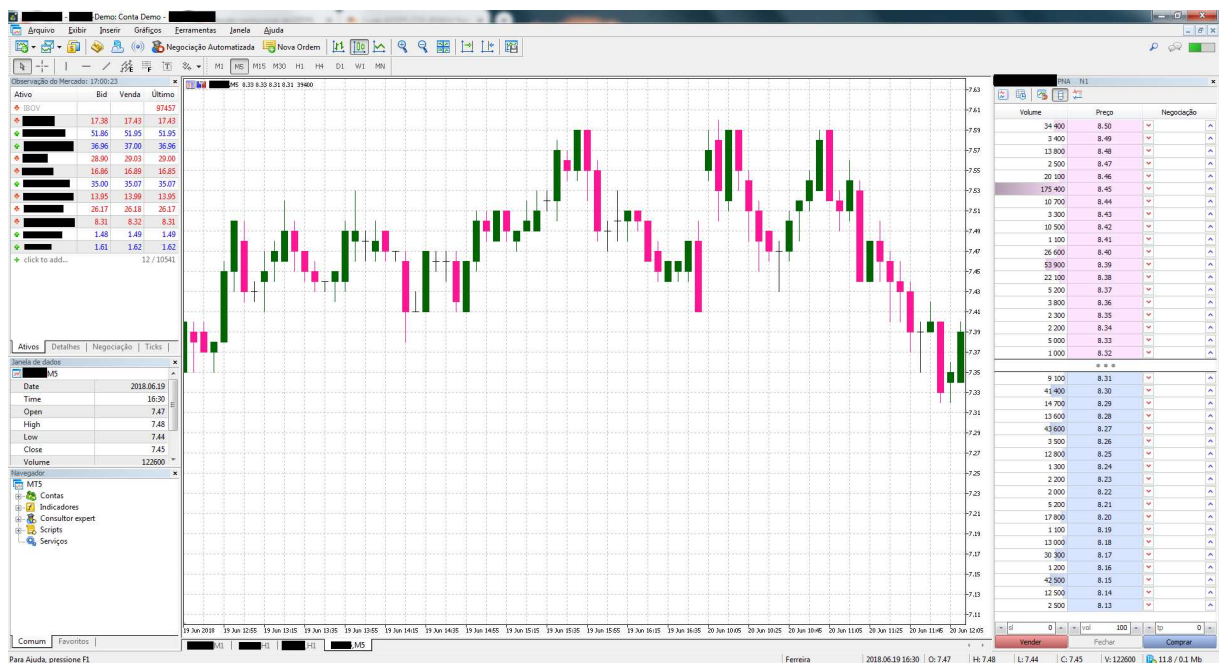
<sup>2</sup> Setup ou ajustes no contexto do trabalho trata-se do conjunto de configurações para o *software trader* negociar.

<sup>1</sup> <https://www.metatrader5.com/>



A MT5 é uma plataforma multi-mercado para realização de trading, análise técnica, uso de *softwares* para negociação, possibilita a cópia de negociações para outros *traders* entre outras atividades. A plataforma foi utilizada para realizar negociações de ações das empresas cujo capital é aberto.

Silva (2018) descreve em seu trabalho como a plataforma é licenciada para realizar negociações, este *software* é licenciado para corretoras de câmbio e bancos, que fornecem acesso aos seus clientes e permite negociar com dois tipos de contas (demo ou real). “A conta demonstrativa possibilita negociar em um ambiente simulado sem dinheiro real, ao mesmo tempo que é possível desenvolver e testar a estratégia de negociação compatível com estilo do trader” (SILVA, 2018). Na Figura 1 visualiza-se a interface gráfica da plataforma *MetaTrader 5*, onde no canto superior esquerdo da figura é apresentado os ativos e seus valores, na parte central está localizado o gráfico, o qual pode ser modificado e adaptado, já no lado direito está o livro de ofertas respectivo ao ativo selecionado para observação que permite visualizar as ordens pendentes para negociação de compra e venda.



**Figura 1 – Apresentação da interface gráfica do *software* Meta Trader 5**

**Fonte: Autoria Própria**

O *software* investidor foi desenvolvido em uma IDE mostrada na Figura 2, cujo nome é *MetaEditor 5* (ME5), foi escolhida por possibilitar uma rápida compilação e testes práticos, devida sua especialização para o MT5, nesta IDE de desenvolvimento é possível criar indicadores, *experts advisors*, serviços, bibliotecas, scripts entre outros.

A linguagem escolhida não poderia ser diferente, pois, para comunicação com o MT5

```

1 //-----
2 //      EAnne.mq5
3 //      Romário Ferreira
4 //      https://www.mql5.com/en/users/romariof44eira
5 //-----
6 #property copyright "Romário Ferreira"
7 #property link      "https://www.mql5.com/en/users/romariof44eira"
8 #property version   "1.00"
9 //-----
10 // Include
11 //-----
12 #include <Expert\Expert.mqh>
13 //--- available signals
14 #include <Expert\Signal\SignalStoch.mqh>
15 //--- available trailing
16 #include <Expert\Trailing\TrailingNone.mqh>
17 //--- available money management
18 #include <Expert\Money\MoneyFixedLot.mqh>
19 //-----
20 // Inputs
21 //-----
22 //--- inputs for expert
23 input string   Expert_Title      = "EAnne"; // Document name
24 along         Expert_MagicNumber = 11468; //
25 bool          Expert_EveryTick  = false; //
26 //--- inputs for main signal
27 input int     Signal_ThresholdOpen = 10; // Signal threshold value to open [0...100]
28 input int     Signal_ThresholdClose = 10; // Signal threshold value to close [0...100]
29 input double  Signal_PriceLevel    = 0.0; // Price level to execute a deal
30 input double  Signal_StopLevel     = 50.0; // Stop Loss level (in points)
31 input double  Signal_TakeLevel     = 50.0; // Take Profit level (in points)
32 input int     Signal_Expiration    = 4; // Expiration of pending orders (in bars)
33 input int     Signal_Stoch_PeriodK = 8; // Stochastic(8,3,3,...) K-period
34 input int     Signal_Stoch_PeriodD = 3; // Stochastic(8,3,3,...) D-period
35 input int     Signal_Stoch_PeriodSlow = 3; // Stochastic(8,3,3,...) Period of slowing
36 input ENUM_STO_PRICE Signal_Stoch_Applied = STO_LOWHIGH; // Stochastic(8,3,3,...) Prices to apply to
37 input double  Signal_Stoch_Weight  = 1.0; // Stochastic(8,3,3,...) Weight [0...1.0]
38 //--- inputs for money
39 input double  Money_FixLot_Percent = 10.0; // Percent
40 input double  Money_FixLot_Lots    = 0.1; // Fixed volume
41 //-----
42 // Global expert object

```

**Figura 2 – Apresentação da interface gráfica do software MetaTrader 5**

**Fonte: Autoria Própria**

foi desenvolvida uma linguagem específica cujo nome foi dado como *Meta Quotes Language 5*<sup>2</sup> (MQL5). Ela possibilita executar comandos através de eventos, seu paradigma é orientado a objetos e estrutural, é uma linguagem de alto nível, desenvolvida para sua própria plataforma, sua sintaxe é tão próxima quanto possível de C++, devido ao seu desenvolvimento ser baseado na linguagem C++. A linguagem MQL5 contém funções de negociação especializadas e manipuladores de eventos pré-definidos para escrita de experts advisors.

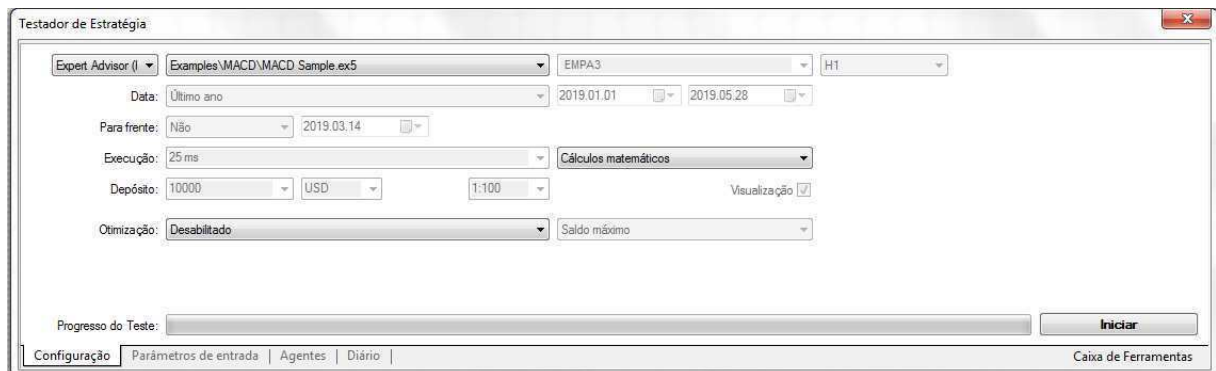
## 2.6 TESTADOR DE ESTRATÉGIAS

Durante o desenvolvimento do *software*, principalmente quando tratar-se de checar o bom funcionamento das estratégias desenvolvidas, foi necessário realizar testes, sendo eles importantes para dar credibilidade ao funcionamento da estratégia bem como o *software* num todo. O *MetaTrader 5* disponibiliza este recurso no modo de ferramenta com nome de “Testador de estratégias”, suas funcionalidades permitirão realizar correções necessárias no *software*,

<sup>2</sup>*Meta Quotes Language 5* é uma linguagem de programação voltada para desenvolvimento de *software* que realizarão investimentos automatizados.

pois, é possível com ela observar o comportamento de execução do *software*, e assim entender se o funcionamento do *software* desenvolvido está cumprindo os requisitos exigidos em cada estratégia, bem como seu próprio funcionamento num todo.

O testador permite realizar testes em *softwares* que foram desenvolvidos para a plataforma MT5, indicadores, serviços e *scripts*, possibilita realizar otimização completa, genérica, *forward*, *scanner* de mercado e cálculos matemáticos. O testador pode ser configurável, onde é possível definir o instrumento financeiro a ser usado para o teste, período para obtenção das cotações, intervalo de tempo a ser realizado o teste, emular latência de rede, modelagem para obtenção das cotações, depósito inicial, moeda, alavancagem e otimização. Neste trabalho não foram consideradas otimizações provenientes do testador de estratégia, A Figura 3 exibe a interface gráfica do testador de estratégias e as possíveis configurações de serem ajustadas.



**Figura 3 – Interface gráfica do testador de estratégias para configuração de testes.**

**Fonte: Autoria própria**

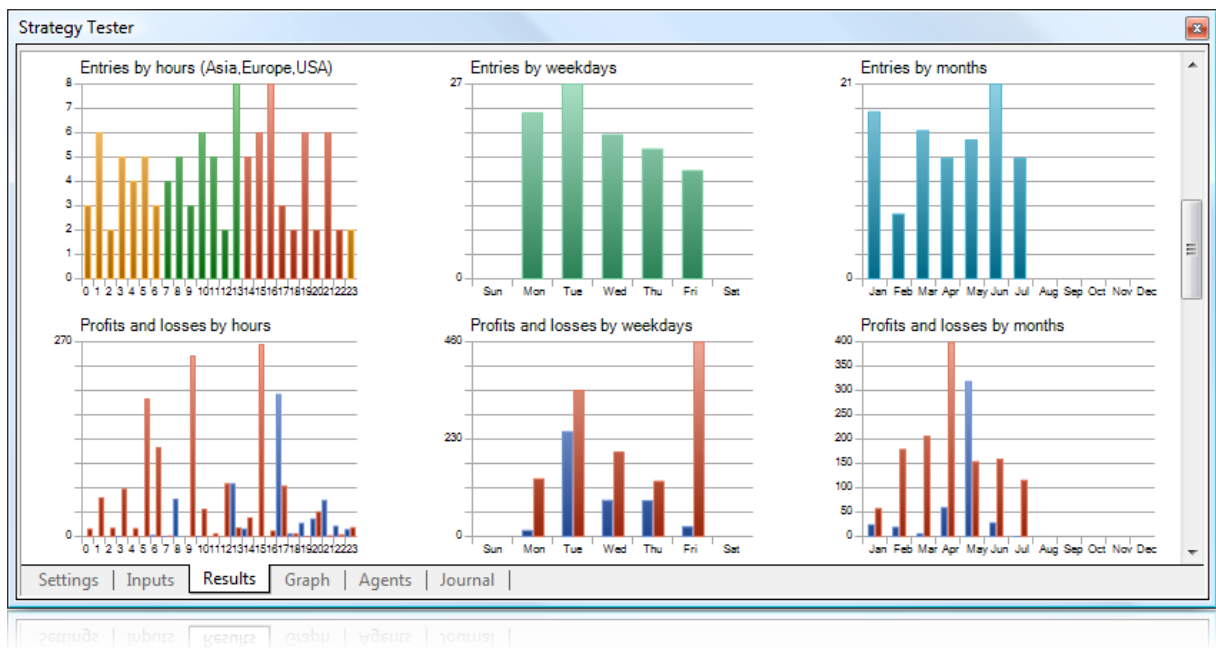
O Testador de estratégia tem seu funcionamento baseado no histórico de cotações do instrumento financeiro previamente selecionado, no processo de teste, o *software* de negociação inicialmente faz uma busca das cotações no intervalo definido, porém, o histórico pode vir em parcelas o que não impede o seu início de execução do *software* em conformidade com o algoritmo nele programado, sendo ele executado em parcelas, respeitando a ordem de chegada dos dados pendentes, este recurso para o teste permite avaliar o comportamento da estratégia no passado, podendo visualizar as operações sendo realizadas durante o processo de teste, bem como seus ajustes de negociação.

A maior vantagem do teste está no fato de ser possível avaliar o funcionamento do *software* de negociação sem ter que trabalhar num mercado real de *trading*. Além disso, este processo ocupa muito menos tempo, sendo que um teste nesta ferramenta levará apenas algumas horas, contra vários dias, semanas ou meses para testar um *software* em mercado real.

Indiscutivelmente é grande a vantagem do testador de estratégias para o desenvolvimento de *softwares* para o mercado de capitais.

A peculiaridade do testador de estratégia é a exibição dos resultados do *software* após aplicado ao teste, é possível gerar relatórios e gráficos ao término do processo, o teste pode ser executado de duas formas, com interface gráfica ou sem. Ao executar o teste com a possibilidade de visualizar graficamente o testador, é mostrado os gráficos e a emulação do comportamento de mercado, logo, sem interface gráfica de emulação é possível somente ver o gráfico de evolução do capital líquido e saldo.

Ao final do teste é exibido o relatório de desempenho, onde se têm diversas variáveis interessantes para o estudo, algumas delas são: qualidade do histórico, lucro líquido total, lucro bruto, perda bruta, fator de lucro, fator de recuperação, retorno esperado, total de negociações, ofertas totais entre outras diversas variáveis interessantes de serem analisadas. A Figura 4 apresenta os gráficos que são gerados pelo testador de estratégia, já a Figura 5 apresenta a ferramenta de teste em seu modo visual.



**Figura 4 – Exemplo visual dos resultados de entradas e ganhos ao ser aplicado o software no testador de estratégia**

**Fonte: (METATRADER5, 2019)**



**Figura 5 – Apresentação da interface gráfica do testador de estratégia em modo visual**

**Fonte: (METATRADER5, 2019)**

## 2.7 COLETA DE DADOS

A plataforma MT5 viabiliza a coleta dos dados, sabe-se que a mesma possui toda estrutura necessária para obtenção e exportação dos dados, é relevante expor que a mesma faz uso do protocolo *Financial information exchange* (FIX) que é mundialmente conhecido no ambiente financeiro, a coleta de dados pelo terminal de cliente é possível devida a comunicação com a corretora usando este protocolo financeiro, que por sua vez também comunica-se com a bolsa de valores por meio do mesmo protocolo, no ambiente real o terminal do cliente envia requisições para corretora e a mesma repassa à bolsa de valores a qual tem a responsabilidade de cumprir com a finalidade da solicitação, a Imagem 6 exhibe essa relação de comunicação entre o cliente, corretora e bolsa de valores.



**Figura 6 – Comunicação para obtenção dos dados**

**Fonte: Autoria Própria**

A coleta dos dados ocorreu na ferramenta testador de estratégia da plataforma MT5, os dados foram obtidos mediante resposta do servidor da corretora, sabendo-se que a mesma é responsável por retornar os dados dos instrumentos financeiros abertos para negociação.

Para cada teste, foi necessário configurar o *software trader* e executá-lo para obtenção dos dados em cada instrumento financeiro definido. Foi objeto de estudo os seguintes dados: preço das cotações, negociações realizadas, saldo da conta durante o período gráfico selecionado entre outros dados que estejam contidos nos relatórios.

Não há padrão de quantidade e nem limite de dados a serem coletados, visto que cada estratégia tem distinção em seu funcionamento, porém, os dados foram ajustados para que haja possibilidade de representação em forma de gráficos, considerando que foi realizado o tratamento aos dados coletados para que haja normalização entre os mesmos.

Como neste estudo obteve-se o objetivo de realizar comparações gráficas e resultados dos relatórios, as estratégias desenvolvidas foram aplicadas ao tempo gráfico diário e nas mesmas condições de configurações, diferenciando-se somente a lógica para tomada de decisão, no teste não houve premissa para que as estratégias realizassem o mesmo número de negociações das configurações estratégicas anteriores. Não havia certeza sobre a quantidade

de dados a serem gerados por cada estratégia durante a execução do teste, mas acreditou-se que o método de método de interpolação polinomial da forma de Newton geraria maior volume de negociações devido ao seu critério de entrada nos negócios.

Em referência às cotações, considerou-se a coleta dos preços de abertura, máxima, mínima e fechamento para o tempo gráfico diário, onde os negócios realizados basearam-se nestes valores obtidos do mercado, cada estratégia utilizou os dados de acordo com sua necessidade, bem como a reutilização da cotação atual de mercado. A Tabela 1 exibe tempos gráficos possíveis que poderiam ser utilizados, salienta-se que neste estudo utilizou o tempo gráfico diário (D1) para a coleta dos dados e para tomada de decisão.

**Tabela 1 – Períodos gráficos possíveis para coleta de dados**

Sigla	Tempo
1M	1 Minuto
5M	5 Minutos
15M	15 Minutos
30M	30 Minutos
1H	1 Hora
4H	4 Horas
D1	Diário
W1	Semanal
MN	Mensal

**Fonte: (METATRADER5, 2019)**

Elaborou-se do presente estudo com quatro empresas listadas em bolsa que possuam setores distintos e que atuem em atividades distintas, a coleta dos dados ocorreu ao final dos testes, e foram modificados para não vincular os resultados com nome de companhias. Ao final de cada teste com a respectiva estratégia e empresa, então coletaram-se os resultados gerados em função do tempo testado no formato de arquivos, podendo ser visualizado a padronização do arquivo pela Figura 8.

As empresas foram selecionadas em função da sua atividade exercida no mercado, considerou-se duas empresas com ações PN e duas empresas com ações ON, considerou-se também o setor e subsetor de atuação, onde se teve relevância para escolha das ações, sendo os setores de Água e Saneamento, Energia elétrica, Petróleo, Gás e Biocombustíveis considerando exploração, refino e distribuição, bem como o setor de mineração com o subsetor em minerais metálicos.

As empresas que foram selecionadas são anônimas e estão listadas em bolsa, os dados históricos do instrumento financeiro delas foram coletados seguindo a definição da Tabela 2, ao considerar-se que as estratégias seriam comparadas uma com as outras, definiram-se então

intervalos iniciais e finais de modo que fossem iguais para todas as estratégias contidas neste estudo, salienta-se que se considerou para os resultados da proposta valores representados no formato nacional, sendo este usado como base para possíveis conversões realizadas.

**Tabela 2 – Empresas S/A que foram objeto do estudo comparativo**

Empresa	Ramo de atividade	Sigla	Tipo Ação	início	Fim
A	Energia elétrica	EMPA3	Preferencial	12/01/2016	13/03/2021
B	Petróleo, Gás e Biocombustíveis	EMPB4	Ordinária	12/01/2016	13/03/2021
C	Água e Saneamento	EMPC4	Preferencial	12/01/2016	13/03/2021
D	Mineradora	EMPD3	Ordinária	12/01/2016	13/03/2021

**Fonte: Autoria Própria**

## 2.8 FORMATO DOS DADOS

Para os casos que foram necessários realizar armazenamento de dados, realizou-se a exportação em arquivos. São dados de interesse os resultados financeiros, os relatórios de transações e ordens pendentes. A plataforma MT5 viabilizou a exportação, pois, a mesma possui as funcionalidades necessárias para realizar este processo de coleta e exportação, necessitando somente informar os parâmetros.

Realizou-se a exportação dos dados nos seguintes formatos, *Comma-separated values* (CSV), onde a delimitação das características foram feitas por tabulação, como pode ser visto na Figura 7. Armazenou-se de mesmo modo os resultados financeiros em CSV seguindo as mesmas regras de delimitação dos dados, podendo ser visualizado na Figura 8. Os relatórios foram disponibilizados em formato de planilha e *HyperText Markup Language* (HTML).

Características das cotações:

- **Date:** data da cotação;
- **Time:** horário que o instrumento financeiro foi cotado;
- **Open:** preço de abertura;
- **High:** preço de alta;
- **Low:** preço de baixa;
- **Close:** preço de fechamento;
- **Ticvol:** volumes de ticks;
- **Vol:** volume atual;



- **Spread:** diferença entre o preço de compra e venda.

	<DATE>	<TIME>	<OPEN>	<HIGH>	<LOW>	<CLOSE>	<TICKVOL>	<VOL>	<SPREAD>
2	2017.12.04	13:59:00	2.85	2.85	2.85	2.85	2	200	1
3	2017.12.05	12:45:00	2.86	2.86	2.86	2.86	1	100	1
4	2017.12.06	11:39:00	2.85	2.85	2.85	2.85	1	100	1
5	2017.12.07	12:28:00	2.85	2.85	2.85	2.85	1	100	1
6	2017.12.08	13:55:00	2.86	2.86	2.86	2.86	3	700	1
7	2017.12.11	11:57:00	2.94	2.94	2.94	2.94	1	100	1
8	2017.12.12	12:59:00	3.14	3.14	3.13	3.14	6	11000	1
9	2017.12.13	12:44:00	2.80	2.80	2.80	2.80	12	17000	1
10	2017.12.14	11:59:00	2.48	2.49	2.47	2.49	39	24500	1
11	2017.12.15	11:18:00	2.25	2.28	2.25	2.27	120	233900	1

**Figura 7 – Dados de cotações quando exportados**

**Fonte: Autoria Própria**

	<DATA>	<SALDO>
2	2016.01.01 00:00	25000.00
3	2016.01.04 10:27	25011.00
4	2016.01.04 11:18	25011.00
5	2016.01.04 11:22	25011.00
6	2016.01.05 10:13	25019.00
7	2016.01.05 10:51	25019.00
8	2016.01.05 10:53	25019.00
9	2016.01.06 10:23	25023.00
10	2016.01.06 13:54	25023.00

**Figura 8 – Exemplo do formato de dados para os resultados financeiro**

**Fonte: Autoria Própria**

### 3 INTERPOLAÇÃO POLINOMIAL

Muitos problemas matemáticos não apresentam uma solução exata, assim faz-se uso de métodos que oferecem uma solução aproximada. De modo geral, a interpolação é comumente utilizada quando a função  $f$  é conhecida apenas em alguns pontos no intervalo real  $[a, b]$ , e se deseja saber o seu valor num ponto diferente, mas ainda pertencente ao mesmo intervalo que os pontos conhecidos.

Nesse caso, não se conhece a forma analítica da função e tais pontos conhecidos geralmente são obtidos em experimentos. Ou ainda, a forma analítica de  $f(x)$  é muito complexa e apresenta um grau de dificuldade ou mesmo impede o uso de muitas operações como diferenciação e integração, de tal forma que se busca uma função  $g$  assim sendo mais simples para ser substituída. (RUGGIERO; LOPES, 1997)

Para Castilho (2001) A interpolação é uma forma de encontrar uma função que represente um conjunto de dados tabelados. Já Rizzotto et al. (2018) descreve interpolação polinomial sendo um caso particular do problema geral de interpolação, para ele a família de funções são constituídas de polinômios.

Para realizar a interpolação em um conjunto de dados  $(x_k, f_k), k = 0, 1, \dots, n$ , Castilho (2001) esclarece que é necessário encontrar uma função  $p_n(x)$ , que deve ser encolhido em uma classe de funções, de forma que satisfaça certas propriedades. Considerar o caso onde  $p_n(x)$  é um polinômio, sendo sua forma representada na Equação 1, onde  $f$  representa a função polinomial com índice  $k$  variando de 0 até  $n$ , que possui vez também é expresso por  $p(x_k)$ , com  $p$  sendo o polinômio interpolador e  $x_k$  sendo a variável independente, e  $a$  representa os coeficientes com índice  $k$ , que possui intervalo de 0 até  $n$ .

$$f_k = p(x_k), k = 0, 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

A condição de interpolação assim como é chamada, que satisfaz a condição é chamado de polinômio interpolador.

**Teorema (Existência e Unicidade):** Dado o conjunto de  $n + 1$  pontos distintos  $(x_k, f_k), k = 0, 1, \dots, n$ , isto é,  $x_k \neq x_j$  para  $k \neq j$ . Existe um único polinômio  $p(x)$  de grau menor ou igual a  $n$ , tal que  $p(x) = f_k$  para  $k = 0, 1, 2, \dots, n$ .

**Prova:** Seja  $p(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$ . Para obter os coeficientes  $a_i$  usa-se a condição de interpolação  $f_k = p(x_k)$  para  $k = 0, 1, 2, \dots, n$ . Logo, segue que:

$$\begin{aligned} f_0 &= p(x_0) = a_0 + a_1x_0 + a_2x_0^2 + \dots + a_nx_0^n \\ f_1 &= p(x_1) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_1^2 + \dots + a_nx_1^n \\ &\vdots = \vdots = \vdots \\ f_n &= p(x_n) = a_0 + a_1x_n + a_2x_n^2 + \dots + a_nx_n^n \end{aligned} \quad (2)$$

que corresponde o sistema linear 3 da forma.

$$\begin{pmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \dots & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^n \\ 1 & x_2 & x_2^2 & \dots & x_2^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_0 \\ f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

A matriz  $\mathbf{A}$ , associada ao sistema, é uma matriz de Vandermonde <sup>2</sup>, cujo o determinante é dado por produtórios, os quais são representados pelo Símbolo  $\prod$ , onde  $l$  e  $j$  são índices do produtório e  $n$  é a representação para o valor enésimo.

$$\text{Det}(\mathbf{A}) \prod_{l=1}^n \prod_{j=0}^{l-1} (x_l - x_j) \quad (4)$$

como  $x_l \neq x_j$  para  $l \neq j$ , segue que o determinante da matriz  $\mathbf{A}$  é diferente de zero portanto o sistema admite uma única solução.

As escolhas de polinômios interpolantes por Rizzotto et al. (2018) é natural por diversos motivos, entre eles: se  $p$  é um polinômio de grau  $n$ , o valor  $p(x)$  para um  $x$  real é calculado através de  $n + 1$  operações de multiplicação e  $n + 1$  operações de adição. Para tanto, pode-se usar o algoritmo de Horner <sup>1</sup>. Dado um polinômio  $p$  de grau  $n$  da forma, pode visualizar-se na Equação 5 por um somatório cujo simbolo é  $\sum$ , sendo representado na equação  $a$  os coeficientes do polinômio e  $x$  os operadores de diferenças divididas.

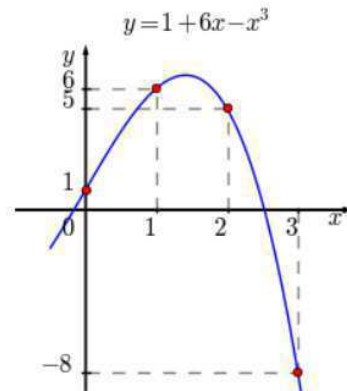
$$p(x) = \sum_{k=0}^n a_k x^k, \quad (5)$$

De forma a esclarecer melhor a interpolação polinomial a Figura 9 representa um polinômio interpolador nos pontos  $\{(0, 1), (1, 6), (2, 5), (3, -8)\}$ , cuja sua função  $y = 1 + 6x - x^3$ , a figura representa os pontos e a função polinomial, onde a função garante a interceptação

<sup>2</sup>Alexandre Théophile Vandermonde, foi um matemático francês. sendo também, músico e químico, iniciou-se na matemática em 1770.

<sup>1</sup>William George Horner, 1786 – 1837, matemático britânico.

em cada ponto fornecido.



**Figura 9 – Polinômio interpolador do conjunto de pontos  $\{(0,1), (1,6), (2,5), (3,-8)\}$ .**

**Fonte: (RIZZOTTO et al., 2018)**

Franco (1987) afirma que a aproximação de funções por polinômios é uma das análises mais antigas da análise numérica, e ainda uma das mais utilizadas. Relata que é fácil de entender por que razão isso acontece, pois, os polinômios são facilmente computáveis, suas derivadas e integrais são novamente polinômios e suas raízes podem ser encontradas com relativa facilidade. De acordo com Castilho (2001) existem formas diferentes para encontrar o polinômio interpolador, assim diferenciando-se da resolução de sistemas. Teoricamente estas formas resultam no mesmo polinômio  $p_n(x)$ , excetuando-se na simplificação do polinômio.

### 3.1 FORMA DE NEWTON

A forma de Newton do polinômio interpolador é baseada nos operadores de diferenças divididas de Newton. Seja  $f(x)$  uma função tabelada em  $n + 1$  pontos distintos sendo  $x$  a variável independente, podendo variar  $x_0, x_1, \dots, x_n$ . Define-se o operador de diferenças divididas de Newton com ordem zero em  $x_k$  por:

$$f[x_k] = f(x_k) \quad (6)$$

O operador de diferenças divididas de Newton com ordem um, nos pontos  $x_k, x_k + 1$ , pode ser definido da seguinte maneira

$$f[x_k, x_k + 1] = \frac{f[x_k] - f[x_k + 1]}{x_k - x_k + 1} \quad (7)$$

Este valor pode ser interpretado como uma aproximação para a primeira derivada de  $f(x)$  em  $x_k$ . O operador de diferenças divididas de Newton de ordem dois, nos pontos  $x_k, x_k + 1, x_k + 2$ , é definido da seguinte forma

$$f[x_k, x_k + 1, x_k + 2] = \frac{f[x_k, x_k + 1] - f[x_k + 1, x_k + 2]}{x_k - x_k + 2} \quad (8)$$

De forma análoga, define-se o operador de diferenças divididas de Newton de ordem  $n$ , nos pontos  $x_k, x_k + 1, \dots, x_k + n$  da seguinte forma:

$$f[x_k, x_k + 1, x_k + n] = \frac{f[x_k, x_k + n - 1] - f[x_k + 1, x_k + n]}{x_k - x_k + n} \quad (9)$$

Desta forma pode se notar que a forma de cálculo desses operadores é construtiva, no sentido de que para obter a diferenças divididas de Newton de ordem  $n$  necessita-se das diferenças divididas de Newton de ordem  $n - 1, n - 2, \dots, 1, 0$ . Um esquema prático para o cálculo desses operadores é dado pela tabela 3.

**Tabela 3 – Esquema prático para o cálculo dos operadores.**

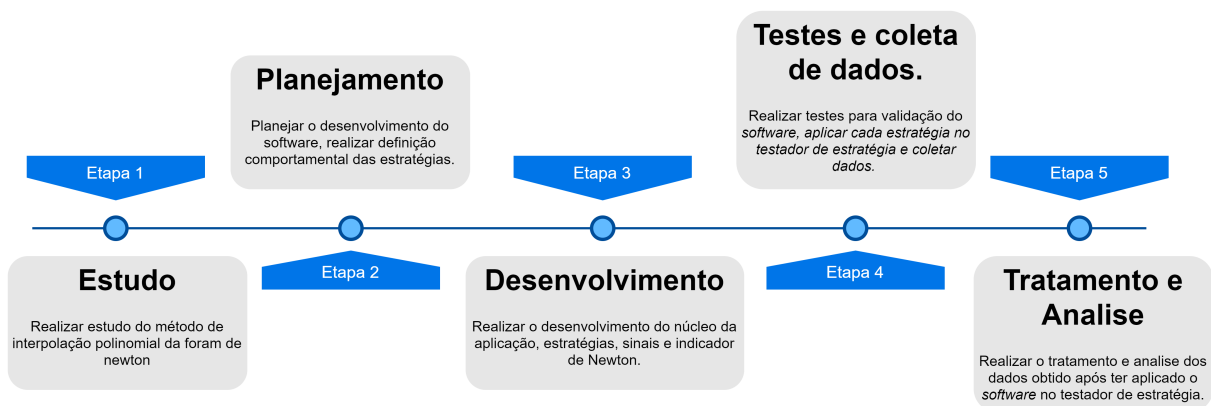
x	$f[x_k]$	$f[x_k, x_{k+1}]$	$f[x_k, x_{k+1}, x_{k+2}]$	$\dots$	$f[x_k, x_{k+1}, \dots, x_{k+n}]$
$x_0$	$f_0$				
		$> \frac{f_0 - f_1}{x_0 - x_1}$			
$x_1$	$f_1$		$> \frac{f[x_0, x_1] - f[x_1, x_2]}{x_0 - x_2}$		
		$> \frac{f_1 - f_2}{x_1 - x_2}$			
$x_2$	$f_2$		$> \frac{f[x_1, x_2] - f[x_2, x_3]}{x_1 - x_3}$		
		$> \frac{f_2 - f_3}{x_2 - x_3}$			$> \frac{f[x_0, \dots, x_{n-1}] - f[x_1, \dots, x_n]}{x_0 - x_n}$
$x_3$	$f_3$		$\vdots$		
$\vdots$	$\vdots$				
$x_{n-1}$	$f_{n-1}$				
		$> \frac{f_{n-1} - f_n}{x_{n-1} - x_n}$			
$x_n$	$f_n$				

**Fonte: (CASTILHO, 2001)**

## 4 MATERIAIS E MÉTODO

Neste capítulo são descritas as etapas de desenvolvimento do *software trader*, bem como é exposto o caminho que se utilizou para o desenvolvimento, respectivamente são apresentadas as principais tecnologias que foram empregadas e como foram adquiridas.

O trabalho foi composto por cinco etapas, apresentado na Figura 10.



**Figura 10 – Etapas do projeto**

**Fonte: Autoria Própria**

**Etapa 1:** essa etapa foi destinada ao estudo e compreensão do método de interpolação polinomial da forma de Newton, devido a sua importância para o desenvolvimento da estratégia newtoniana (principal objeto de aprendizagem), estudou-se também a plataforma e linguagem de programação.

**Etapa 2:** destinou-se essa etapa para o planejamento e desenvolvimento *software trader*, onde se estruturou e modelou com diagramas de UML.

**Etapa 3:** avançou-se nesta etapa o desenvolvimento *software trader*, onde se implementaram os componentes da aplicação, são eles: núcleo, estratégias, sinais e indicador newtoniano.

**Etapa 4:** foi coletado e testado os dados do *software trader*, bem como se verificou o funcionamento, validaram-se as estratégias, sinais e indicador newtoniano, atendidos os requisitos do *software trader*, então aplicou-se ao testador de estratégia e coletaram-se os dados resultantes. Houve casos que foram necessários replanejar o *software trader* e aplicar

novamente o processo desta etapa.

**Etapa 5:** nesta fase trataram-se os dados e analisaram-se os resultados que foram obtidos dos relatórios.

#### 4.1 RECURSOS DE HARDWARE

Os recursos de *hardware* utilizados para o desenvolvimento deste projeto são: computador *desktop* o qual tem conexão de *internet* com 50 mega bytes (Mb) e uma estação de trabalho autônoma utilizando sistema operacional *Windows 7* profissional com arquitetura de 64 bits, cuja versão 6.1.7601 com *Service Pack 1* e compilação 7601, sendo este *software* devidamente licenciado para fins acadêmicos utilizando a chave do produto concedido para estudantes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, cujo computador tem as seguintes configurações de Hardware:

- **1x Placa Mãe:** Dell® Precision T3600 8HPGT;
- **1x Processador:** Intel® Xeon® CPU E5-1620 3.60Ghz, o qual pertence a família *Intel64 Family 6 Model 45 Stepping 7 GenuineIntel 3601 Mhz*;
- **2x Memórias RAM:** 8 GB ECC DDR3;
- **1x Placa Gráfica (GPU):** Off board Nvidia® fx Quadro® 2000 1 GB;
- **1x Adaptador de Rede:** Intel® 82579LM *Gigabit Network Connection*;
- **1x Driver de estado Solido (SSD):** Kingston® 240 GB.

Todos os recursos de *hardware* citados foram adquiridos anteriormente ao desenvolvimento do trabalho, nenhum recurso físico foi adquirido especialmente para elaboração deste trabalho.

#### 4.2 RECURSOS DE SOFTWARE

Os recursos de *software* utilizados para o desenvolvimento deste projeto são gratuitos ou foram adquiridos, foram empregues os seguintes recursos:

- **Windows 10:** Sistema operativo da Microsoft, devidamente licenciado pelo programa

*Imagine* fornecido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná;

- **Modelio**: Edição de diagramas UML e fluxogramas. *Software* gratuito;
- **Astah Professional**: Edição de diagramas UML e fluxogramas. *Software* Pago (Licença estudante).
- **Apache OpenOffice**: pacote de software de produtividade para escritório com código aberto, Licença Apache.
- **Notepad++**: Editor de texto e de código fonte de código aberto sob a licença GPL;
- **Visual Studio Code**: Editor de código-fonte desenvolvido pela Microsoft para Windows *software* gratuito e sob licença MIT;
- **MetaTrader 5**: Ferramenta gratuita para traders que permite realizar análise técnica e operar nos mercados de moedas, ações e futuros;
- **MetaEditor 5**: Ambiente de Desenvolvimento Integrado gratuito com detecção de estruturas de linguagem e ajuda sobre a MetaQuotes Language 5 (MQL5) e depuração.

#### 4.3 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Propõe o desenvolvimento do *software trader* que permitirá ao investidor realizar os investimentos de forma automatizada, chamaremos esse sistema de *PrecisionBot*, para que as aplicações ocorram, sua implementação foi feita de forma genérica, viabilizando novos desenvolvimentos para outras lógicas de investimentos. Foram criadas três estratégias distintas que foram nomeadas como alpha, beta e newtoniana.

Funcionalidades comuns das estratégias:

- Garantir negociação somente em horário de pregão;
- Encerrar os negócios ao final do pregão, caso haja posição aberta;
- Garantir o encerramento dos negócios realizados;
- Checar o saldo para produzir negociação;
- Negociar em ambos sentidos do mercado, sendo compra e venda;
- Checar total de negociações abertas;
- Cancelar todas as ordens pendentes ao retirar o *software* de execução;
- Garantir que os encerramentos de negócios ocorram no valor de mercado;



### 4.3.1 Estratégias

As estratégias são os componentes do *software* que são responsáveis por receber os sinais de negociação, a principal funcionalidade é realizar o tratamento do sinal e fazer seu roteamento, as estratégias possuem parâmetros que estão exibidos na Tabela 4, os mesmos são usados para realização do tratamento, tratar um sinal significa que o mesmo está recebendo valores para ganho e perda baseado-se nos parâmetros, consideram-se as ordens que estão em tratamento, ao ser enviada para o mercado possuirá entrada e saída definida, que também foi chamado ao decorrer do trabalho como **ajuste**, assim evita-se que uma posição valorize-se ou desvalorize-se demasiadamente sem limite, onde a limitação é vista como nível de segurança para o capital caso favorável ou desfavorável. Após realizado o tratamento pela estratégia a mesma é responsável por encaminhar para o núcleo da aplicação a ordem, para que assim seja encaminhada ao mercado e conseqüentemente, seja executada, tornando-a uma posição.

Para as estratégias que foram abordadas neste estudo, todas possuem volume operacional fixo em 100 ações sendo a quantidade mínima possível de ser negociada exceto o mercado fracionário, usam ajustes de encerramento para posições, alpha e beta usam critérios paramétricos iguais e a newtoniana tem os conjuntos de parâmetros baseados no preço previsto, chama-se de ajuste o parâmetro quando aplicados em ordens ou posições, existem duas variantes para aplicação do ajuste, podendo ser fixo ou automático, o fixo aplica valores de ganho e perda fixos sempre que a ordem é encaminhada ao mercado, já os ajustes automáticos realizam inicialmente o mesmo ajuste fixo, porém, no decorrer da posição aberta e na ocorrência de valorização, automaticamente é ajustado de tal forma que na negociação corrente não ocorra mais perdas.

São quatro ajustes realizados, cada tipo de ajuste tem seu nome, onde os ajustes fixos são: *take profit* (TP) para saída da negociação com resultado financeiro positivo, *stop loss* (SL) para saída da negociação com resultado financeiro negativo. São os ajustes automáticos: *break even* (BKE) sua função é exercida quando ocorrer a definição de um valor para incremento e um valor de ativamente, quando o mercado valoriza-se a ponto de ativar o *break even* então o SL é ajustado para o valor de abertura da negociação somada ao valor de incremento, este processo de ajuste é realizado somente uma vez durante a negociação; o *trailing stop* (TSP) é similar ao BKE, também recebe um valor de ativamente, neste caso é realizado o ajuste de SL sempre que a diferença entre o preço atual e o SL for maior que o valor de ativamente, logo quando ocorre este caso, existe uma sobra, então a sobra é incrementada no preço atual do SL, o TSP somente realizou ajuste após ter sido realizado o BKE.

As estratégias descritas neste estudo durante os testes usaram volume operacional mínimo de 100 ações, bem como devem cumprir horários estabelecidos para negociações, onde se tem o início dos negócios às 09:00 da manhã e término às 17:30 da tarde, caso haja posições abertas no horário de fechamento do dia, as mesmas foram enviadas para execução ao preço de mercado para que as posições sejam encerradas e assim garantindo que não fique posicionado para o dia seguinte, cumprindo-se o *day trade*.

**Tabela 4 – Parâmetros dos ajustes estratégicos por estratégia e proporção**

Estratégia	Take Profit	Stop Loss	Incremento	Break Even	Trailing Stop	Proporção
Alpha	10	10	0.50	1	0.50	1:1
Beta	10	10	0.50	1	0.50	1:1
newtoniana	Automático	Automático	Automático	Automático	Automático	1:1

**Fonte: Autoria Própria**

#### 4.3.1.1 Estratégia Alpha

A estratégia alpha tem comportamento *day trading* e horário operacional definido, sua representação estrutural é possível de ser observada pelo diagrama de classes na Figura 11 faz uso do sinal *squad 1* e, a mesma é responsável por realizar o roteamento das ordens para o núcleo da aplicação, realizando os devidos ajustes com seus respectivos parâmetros prévios que foram definidos, trabalha com volume operacional mínimo exigido em bolsa o qual é fixo, para o estudo a estratégia aplicará o ajuste automático.

A posição é vencedora nessa estratégia quando o preço atual de mercado do instrumento financeiro em questão for igual ou maior que o preço definido no TP e foi perdedora quando o preço atual do instrumento financeiro for igual, ou maior que o SL, entretanto, a saída pode ser antecipada por ajustes automáticos BKE e TSP ao serem ativados no momento em que o preço do instrumento financeiro for maior ou igual ao gatilho de disparo para execução dos ajustes automáticos.

Essa estratégia não usa nenhum valor proveniente de indicadores como subsistema para tomada de decisão, onde suas decisões são exclusivamente realizadas pelo sinal instanciado na mesma.

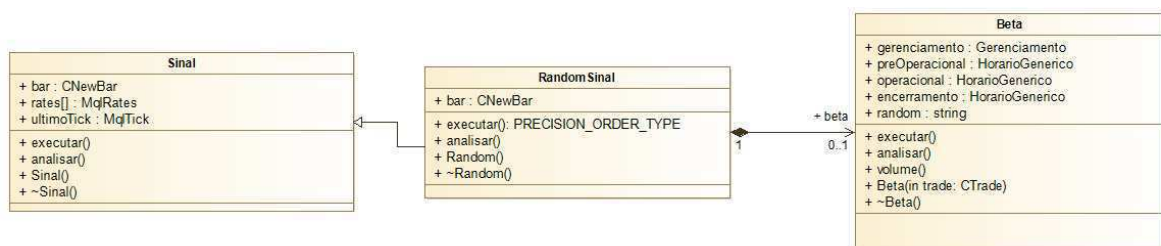


**Figura 11** – Parte da modelagem do sistema em diagrama de classes, apresenta-se a estratégia alpha .

Fonte: Autoria Própria

#### 4.3.1.2 Estratégia Beta

Beta é uma estratégia com comportamento de *day trading*, tem horário operacional definido, é representada pelo diagrama de classes na Figura 12 de *day trading* que tem instância do sinal *Random* como único sinal, sua responsabilidade é realizar roteamentos das ordens para o núcleo da aplicação, a mesma deve realizar os ajustes necessários usando seus respectivos parâmetros que previamente foram definidos, também trabalha com volume praticável mínimo exigido em bolsa o qual é fixo, essa tática de modo similar a alpha aplicará também o ajuste automático.



**Figura 12** – Parte da modelagem do sistema em diagrama de classes, apresenta-se a estratégia beta

Fonte: Autoria Própria

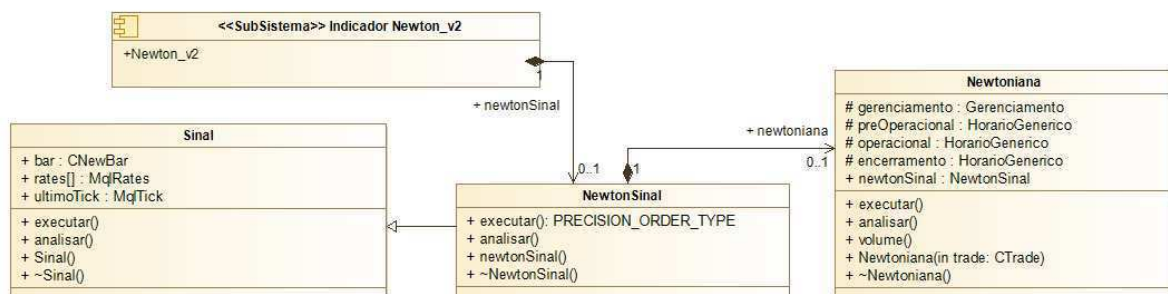
Essa estratégia não usa nenhum valor proveniente de indicadores como subsistema para tomada de decisão, onde suas decisões são exclusivamente realizadas pelo sinal instanciado na mesma.

### 4.3.1.3 Estratégia Newtoniana

A estratégia newtoniana tem comportamento de *day trading*, tem horário operacional definido. Tem sua representação por diagrama de classes na Figura 13 faz uso do método da método de interpolação polinomial da forma de Newton descrito 3.1, considera o valor atual e o valor previsto do instrumento financeiro, para assim enviar ao núcleo do **software** o sinal ajustado. O Ajuste nesta estratégia é realizado quando conhecido o valor previsto, baseado na equação 10 para obtenção da diferença que foi aplicado como valor de saída para posições.

A posição vencedora nessa estratégia ocorre quando o preço atual do instrumento financeiro em relação à abertura valorizou-se maior ou igualmente à diferença prevista e perdedora caso o valor atual do instrumento financeiro em relação à posição aberta desvalorizou-se maior ou igualmente à diferença prevista.

O sinal da estratégia newtoniana é chamado de *newtonSignal* e seus critérios para envio de negociações são: não possuir posições abertas para envio de novas negociações; não abrir novas posições antes de finalizar cada período selecionado pelo investidor; ter recebido os dados do indicador de Newton e ter obtido as cotações.



**Figura 13 – Parte da modelagem do sistema em diagrama de classes, apresenta-se a estratégia newtoniana.**

**Fonte: Autoria Própria**

O indicador de Newton é responsável por fornecer ao “NewtonSinal” o valor previsto dos últimos 4 valores de fechamento dos *candles* o qual chama o indicador newtoniano que no que lhe concerne retorna o preço previsto de fechamento, ao receber este preço é realizado comparação com preço atual de mercado, se o preço atual de negócios estiver acima da previsão é enviado ordem de venda ao mercado, caso contrário o preço previsto seja maior que o preço atual é enviado ordem de compra ao mercado.

Nesta estratégia o preço de ganho e preço de perda é definido de acordo com a diferença

em módulo entre o valor previsto e o valor atual, a equação 10 apresenta o cálculo realizado.

Nesta estratégia é permitido somente a abertura de uma posição por vez a cada período selecionado pelo investidor quando anexado o *software* ao gráfico.

$$diferença = | (valorPrevisto - valorAtual) | \quad (10)$$

Funcionalidades que a estratégia newtoniana deve atender ordenado por prioridade:

- Apresentar visualmente o valor previsto no gráfico corrente bem como as negociações.

A Figura 14, apresenta um diagrama do caso de uso na linguagem de modelagem unificada UML, com propósito de facilitar a visualização das funcionalidades do *software* EA.

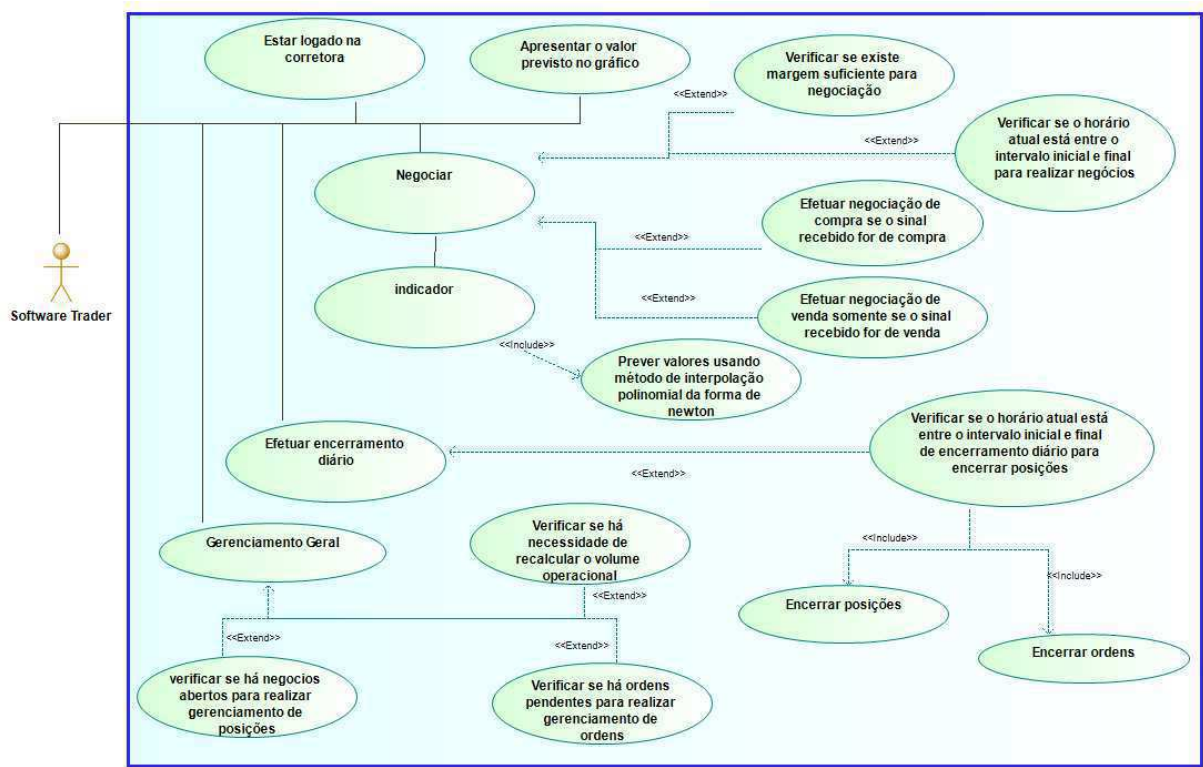


Figura 14 – Diagrama caso de uso

Fonte: Autoria Própria

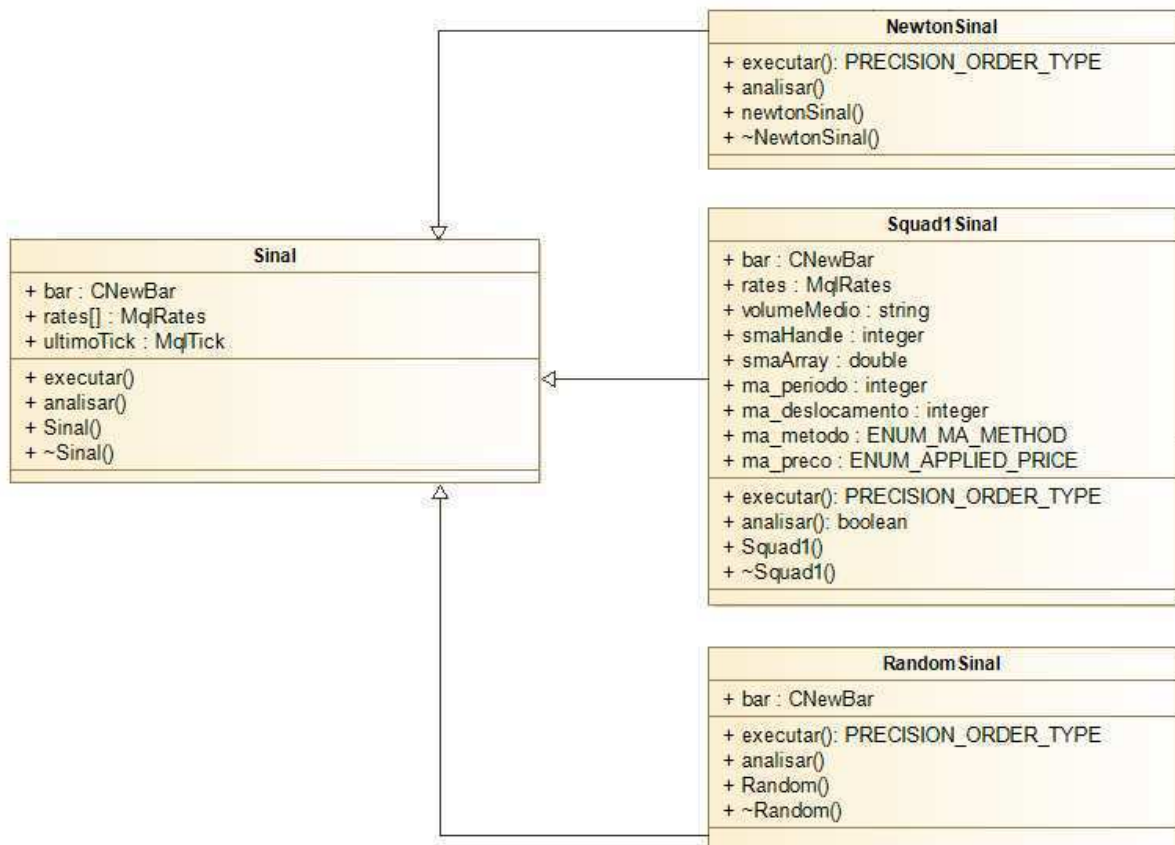
#### 4.3.2 Sinais

Os sinais são componentes de *software* responsáveis por tomada de decisões nos

respectivos instrumentos financeiros em observação, sendo sua responsabilidade retornar a tomada de decisão para a estratégia que o definiu, cada sinal tem seu modo de aplicar validações, as decisões podem ser de compra, venda ou neutralidade.

Toda lógica para realização de abertura para negociações são implementadas nos sinais, quando uma condição no sinal é satisfeita retorna-se à estratégia o valor resultante em forma de enumeradores "PRECISION\_ORDER\_TYPE" permitindo o entendimento pela estratégia, caso nenhuma condição for satisfeita é retornado um sinal neutro, assim a estratégia não fará ajustes e o núcleo do sistema não enviará negociações ao mercado.

Todas as implementações de sinais compartilham valores que são comuns entre si, sendo possível através de herança, para um melhor entendimento do *software trader* pode-se observar a Figura 15 que possui o diagrama de classes que representam a estrutura de sinais.



**Figura 15 – Parte da modelagem com diagrama de classes, apresenta-se os sinais e a super classe sinal**

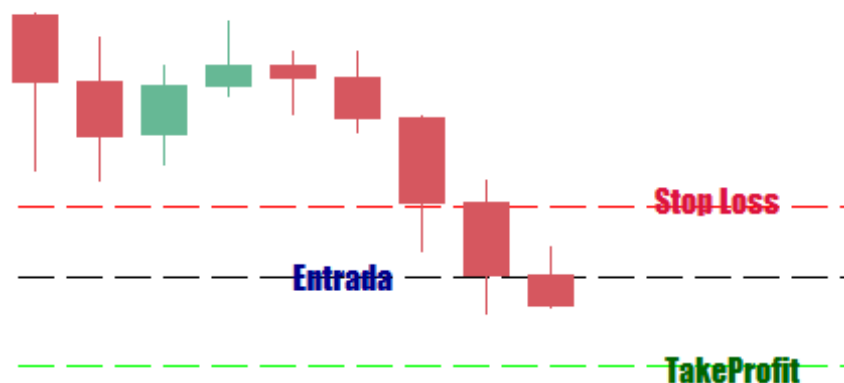
**Fonte: Autoria Própria**

#### 4.3.2.1 Sinal Squad 1

O sinal *squad 1* é o componente de *software* responsável por retornar sinais de negociação, quaisquer estratégias que tenham dependência deste sinal, no entanto, para o estudo limitou-se a deixar este sinal somente para uso da estratégia alpha, para que o sinal funcione é necessário obter as cotações, último *tick*<sup>1</sup> de mercado, verificar se é um novo *candlestick*<sup>2</sup>, obter valores da média simples dos 20 últimos preços de fechamento, desconsiderando-se o deslocamento da média.

O sinal tem a missão de tomar decisões para abertura de negociações, para que o sinal faça tomada de decisão é atualizado os valores da média, *candlestick* e o *tick*, para que isso ocorra o sinal realiza uma atualização na superclasse, onde a mesma é responsável por realizar a atualização destes dados e disponibilizá-los.

Para que o sinal retorne uma decisão de compra ou venda, o mesmo faz uma validação se existem posições abertas e ordens pendentes, caso existam haverá um retorno neutro para estratégia, porém, não havendo ordens e posições o sinal *squad 1* realizou a comparação dos valores de *candlestick* no histórico, tem-se o exemplo visual para operação de venda na Figura 16.



**Figura 16 – Exemplo de posição vendida na estratégia alpha .**

**Fonte: Autoria Própria**

<sup>1</sup>É uma estrutura para armazenar os últimos preços do ativo. Ela é projetada para recuperação rápida da maioria das informações solicitadas sobre preços correntes.

<sup>2</sup>Candlestick é uma técnica de análise gráfica para o mercado, criada no Japão em meados do século XVIII, nas antigas bolsas do arroz de Osaka.

#### 4.3.2.2 Sinal Random

O sinal *random* é o componente de *software* responsável por informar quaisquer estratégias que tenham dependência deste sinal a decisão tomada para negociação, no entanto, para o estudo limitou-se a deixar este sinal somente para uso da estratégia beta, o funcionamento do sinal é dado a partir do uso da função **MathSrand()** que recebe como argumento o número de milissegundos decorridos desde a inicialização do sistema, gerando assim uma semente para valores aleatórios, ela é atualizada sempre que o método **executar()** é chamado, para o envio de negociações o sinal analisa se é um novo *candle*, no entanto, o sinal não tem dependência de valores das cotações históricas nem no valor atual de mercado.

Após gerado a semente é chamada a função que aleatoriamente obterá um número que cumpra o intervalo  $-1 < numero < 2$ , onde 0 representa operações de compra, e o algarismo 1 venda, caso a função retorne algum erro é enviado um sinal neutro para a estratégia.

Para que o sinal retorne uma decisão para realizar negócios, validações são realizadas, sendo avaliado o total de posições abertas e totalidade de ordens pendentes, caso ambas ou uma delas não cumpra com a restrição de quantidade inferior a um, é sinalizado neutralidade.

#### 4.3.2.3 Sinal Newton

O sinal Newton é o componente de *software* responsável para repassar a estratégias que instancie o mesmo, para este estudo o sinal Newton foi definido somente para estratégia newtoniana, o funcionamento do sinal é baseado nos valores previstos que o indicador "newton\_v2" informa. A comunicação entre o componente de *software* e o subsistema é feita por meio de *handles*<sup>3</sup>.

Após o indicador ter realizado os cálculos e disponibilizado o valor previsto para o próximo *candle* no período gráfico selecionado, então o sinal passa a agir, fazendo validações, onde é validado se não ocorreu problemas ao copiar o valor do *buffer*, bem como se existem outras posições abertas e ordens pendentes, analisa-se também o tempo do último sinal enviado é menor que o tempo corrente subtraído-se o período em segundos do tempo gráfico selecionado.

---

<sup>3</sup>Handle é um identificador exclusivo, criado para usar com um determinado indicador. É representado como um número inteiro que quando chamado permite obter informações calculadas no indicador.



Para que haja o envio do sinal de compra a estratégia deverá satisfazer às seguintes condições: o preço atual de mercado deve ser inferior ao previsto; e o preço de abertura do *candle* atual deve ser inferior ao preço de mercado. Para o envio do sinal de venda deve atender as condições, onde o preço atual de mercado deve ser superior ao previsto e o preço de abertura do *candle* atual deve ser maior que o preço de mercado. Atendido as restrições para o envio de sinal, então é retornado para estratégia o sinal, possuindo a característica do tipo de operação a ser realizada.

#### 4.4 INDICADOR DE NEWTON

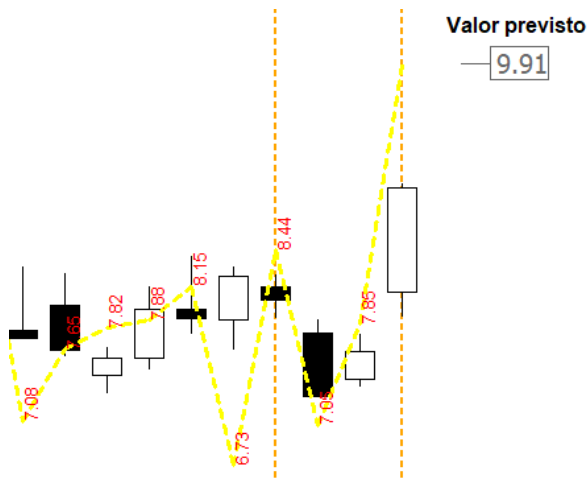
Os indicadores são sistemas desenvolvidos separadamente ao *software trader*, podem ter várias aplicações, como exemplo: plotagem de elementos visuais, melhoramento visual de gráficos entre outros, este estudo tem sua aplicação concentrada para os cálculos matemáticos que foram feitos ao utilizar-se o método de interpolação polinomial da forma de Newton, tendo-se o interesse em obter os valores então há possibilidade de usar os *buffers*.

É responsabilidade do indicador coletar os dados históricos e adicionar a matriz de diferenças divididas (MDD) para obtenção do polinômio, o indicador de Newton tem implementado do método de interpolação polinomial da forma de Newton, o qual deverá realizar extrapolação polinomial, consideram-se os tempos  $t_{-3}, t_{-2}, t_{-1}, t_0$  e aplica-se no polinômio interpolador de Newton o tempo subsequente  $t_1$ , logo, seu retorno é a previsão realizada no fechamento do *candle* para este período de cotação.

O polinômio tem grau de acordo com a quantidade de dados coletados, para este estudo usará as quatro últimas cotações anteriores no gráfico diário, resultando assim num polinômio de grau 3.

#### 4.5 TESTANDO ESTRATÉGIAS

Nesta etapa o *software* não receberá mais modificações incrementais, assim garantindo a execução igualitária em outras estratégias, elas foram testadas pela ferramenta testador de estratégia como explicado em 2.6 a qual é embutida na plataforma *MetaTrader 5*. Todas as



**Figura 17 – Indicador de Newton ao realizar previsão de valor para fechamento**

**Fonte: Autoria Própria**

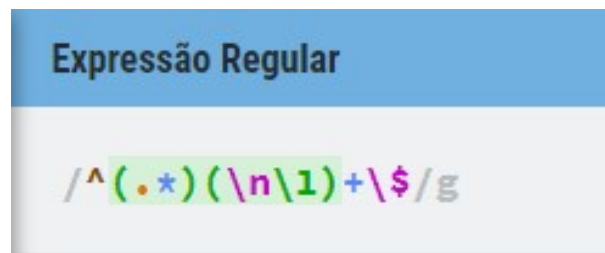
estratégias a serem testadas manterão as mesmas configurações de execução, onde somente irá variar o instrumento financeiro a ser avaliado, foi definido a realização dos testes em ordem alfabética, onde se consideraram os nomes das estratégias e respectivamente os códigos de mercado das empresas, caso haja necessidade de realizar reteste desconsiderará a ordem alfabética.

Antes de inicializar o processo de teste é possível armazenar os dados de configuração em arquivo com formato “\*.ini”, para toda estratégia que será testada irá gerar um arquivo de configuração, permitindo assim realizar reteste novamente caso haja necessidade de produzir o processo de teste nas mesmas condições do teste inicial. A constatação de estratégias é aplicado somente para alpha, beta e newtoniana, que foram estratégias desenvolvidas no escopo deste estudo.

#### 4.6 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Para obtenção dos gráficos comparativos, necessitou-se realizar o tratamento dos dados coletados referente ao capital líquido e foram armazenados no formato CSV, a realização do tratamento dos dados procedeu-se utilizando expressão regular exibida na Imagem 18 e o uso de método manual para ajuste dos dados.

A expressão regular (REGEX) mencionada é usada nos arquivos resultantes de cada



**Figura 18 – Expressão Regular usada para tratamento de dados obtidos do arquivo CSV gerado pelo testador de estratégia**

**Fonte: Autoria Própria**

instrumento financeiro e em cada estratégia, serviu para remover linhas duplicadas de datas e capital, a expressão pegou o conjunto de dados repetidos e substituiu por uma linha ao ser referenciado por \$1, tem-se somente o interesse em exibir o valor mensal indicando o capital neste mês, seu processo de tratamento funcionou aplicando a REGEX contida na Imagem 18, após ter feito a remoção, aplicou-se o método manual, o qual consiste em replicar valores onde não houve negociação no período de obtenção das cotações, sabendo-se que se não houve negociações no período não há alteração no capital, deste modo realizou-se o ajuste do último valor de capital líquido para a data subsequente.

Foi necessário realizar tratamento das informações que podem ser sensíveis às empresas, então realizou-se a remoção de toda informação que pudesse vincular a empresa analisada, para isso utilizou-se o *software notepad++*, foi escolhido devido sua viabilidade para a realização da substituição de palavras que estão nos relatórios gerados pelo testador de estratégia, sendo estes termos comuns em vários relatórios, então realizou-se a substituição em grupos de documentos dos relatórios, agilizando a tarefa e garantido o trabalho e a confidencialidade da fonte dos dados.

A contabilização das previsões assertivas para estratégia newtoniana sem ajuste, utilizou-se o *software OpenOffice*, que permitiu usar funções de contagem das negociações realizadas, onde se contaram as previsões que foram assertivas e as que não foram, bem como os fechamentos de fim do dia.

A análise dos dados é feita a partir do relatório obtido no testador de estratégia onde o mesmo retorna dados estatísticos, para as estratégias colocadas a prova, observaram-se as métricas que foram apresentadas e o resultado do capital líquido final de cada estratégia para sustentar a argumentação de qual obteve o melhor desempenho durante os testes.

**Fator de Lucro:** É um coeficiente entre lucro bruto e a perda bruta, o valor apresentará quantas vezes a soma dos lucros brutos excedeu a soma das perdas brutas.

**Fator de Recuperação:** Reflete o risco da estratégia, é calculado como a relação entre lucro

recebido e o rebaixamento máximo do saldo.

**Índice *Sharpe*:** Caracteriza a eficácia e estabilidade da estratégia, correlaciona a média aritmética do lucro, durante o tempo de retenção da posição, e o seu desvio padrão.

**Correlação de regressão linear:** É um coeficiente que correlaciona o saldo e a regressão linear, permite avaliar o nível de variabilidade do capital.

**Erro padrão:** É o erro cometido do desvio de equilíbrio em relação à regressão linear.

**z-Pontuação:** Probabilidade de correlação entre negociações, exhibe o desvio em relação a uma distribuição normal em sigmas.

## 5 RESULTADOS

Nesta seção é apresentado os resultados das estratégias alpha, beta, newtoniana com e sem ajuste, durante os respectivos intervalos que foram definidos em cada instrumento financeiro, os quais foram descritos na Tabela 2. Os principais resultados das estratégias após ter selecionado cada ação para teste são apresentados na tabela 5, nela é possível observar o total de negociações realizadas, deste total, a quantidade de posições que foram vendidas e compradas, bem como o percentual de ganho em relação às vendas e compras, é exibido de mesmo modo a perda bruta, o lucro líquido e bruto total.

Tem-se resultados financeiros, fatores de lucro e recuperação, quantidade total de negociações compradas e vendidas que foram exercidas, bem como o somatório das compras e vendas. O fator de lucro representa quanto cada estratégia ganhou mais do que perdeu, para este fator, superior a dois significa que a estratégia ganhou duas vezes a mais do que perdeu, abaixo do valor 1 significa que obteve maiores quantidades de negócios com prejuízo do que lucros. Refere-se ao lucro líquido, o retorno real durante ou ao final das negociações sem descontar as taxas e corretagens se aplicáveis.

Ao comparar os fatores de lucros das estratégias testadas, observou que a estratégia newtoniana com e sem ajuste automático não obtiveram fatores de lucro superior à média, sendo a média dos fatores de lucro 1,013.

Alpha e beta obtiveram duas companhias com fator de lucro superior à média, sendo alpha aplicado na empresa EMPA3 e EMPB4 com fator de lucro em 1,10 para ambas. Beta obteve ao ser aplicada nas empresas EMPB4 e EMPD3 fatores de lucro apresentados respectivamente 2,21 e 2,90. O maior fator de lucro foi de 2,90 entre as estratégias analisadas e o menor fator de lucro pertence à estratégia beta, sendo ele obtido ao aplicar beta na empresa EMPA3, seu resultado para o fator de lucro ficou em 0,32. A Figura 19 apresenta os fatores de lucro para cada estratégia após ter sido aplicada nas empresas, estando separados por grupos, onde cada grupo é uma estratégia.

No comparativo do fator de recuperação, para os 16 instrumentos financeiros analisados com as 4 estratégias, obteve-se quatro empresas com fator de recuperação maior que a média, sendo o valor médio de 1,10, beta e alpha foram as únicas estratégias que resultou em

**Tabela 5 – Comparativo do desempenho de estratégia por empresas**

Estratégia	Ativo	Negociações	Posições Vendidas		Posições Compradas		Ganho	Totais Financeiros	
			Total	(% de ganho)	Total	(% de ganho)		Prejuízo	Resultado
Alpha	EMPA3	62	29	65,52%	33	42,42%	R\$ 546,00	-R\$ 497,00	R\$ 49,00
	EMPB4	179	78	65,38%	101	65,35%	R\$ 4.757,00	-R\$ 4.311,00	R\$ 446,00
	EMPC4	62	33	45,45%	29	48,28%	R\$ 453,00	-R\$ 575,00	-R\$ 122,00
	EMPD3	204	79	60,76%	125	62,40%	R\$ 5.389,00	-R\$ 6.697,00	-R\$ 1.308,00
Beta	EMPA3	820	440	33,18%	380	46,32%	R\$ 461,00	-R\$ 1.419,00	-R\$ 958,00
	EMPB4	1253	628	98,25%	625	97,76%	R\$ 3.621,00	-R\$ 1.640,00	R\$ 1.981,00
	EMPC4	874	425	95,29%	449	93,54%	R\$ 752,00	-R\$ 714,00	R\$ 1.797,00
	EMPD3	1268	634	97,95%	634	96,53%	R\$ 8.943,00	-R\$ 3.083,00	R\$ 5.860,00
Newtoniana	EMPA3	905	499	42,69%	406	46,31%	R\$ 1.870,00	-R\$ 2.537,00	-R\$ 667,00
	EMPB4	1177	646	44,58%	531	44,26%	R\$ 14.397,00	-R\$ 18.829,00	-R\$ 4.432,00
	EMPC4	975	539	35,06%	436	39,22%	R\$ 1.623,00	-R\$ 3.420,00	-R\$ 1.797,00
	EMPD3	1170	643	42,61%	527	45,35%	R\$ 27.903,00	-R\$ 35.285,00	-R\$ 7.382,00
Newtoniana com ajuste	EMPA3	548	311	53,38%	237	52,74%	R\$ 1.516,00	-R\$ 1.733,00	-R\$ 217,00
	EMPB4	754	410	57,80%	344	57,56%	R\$ 9.782,00	-R\$ 12.557,00	-R\$ 2.775,00
	EMPC4	620	349	51,00%	271	48,71%	R\$ 1.462,00	-R\$ 2.119,00	-R\$ 657,00
	EMPD3	776	437	58,12%	339	58,70%	R\$ 19.640,00	-R\$ 23.277,00	-R\$ 3.637,00

Fonte: Autoria Própria

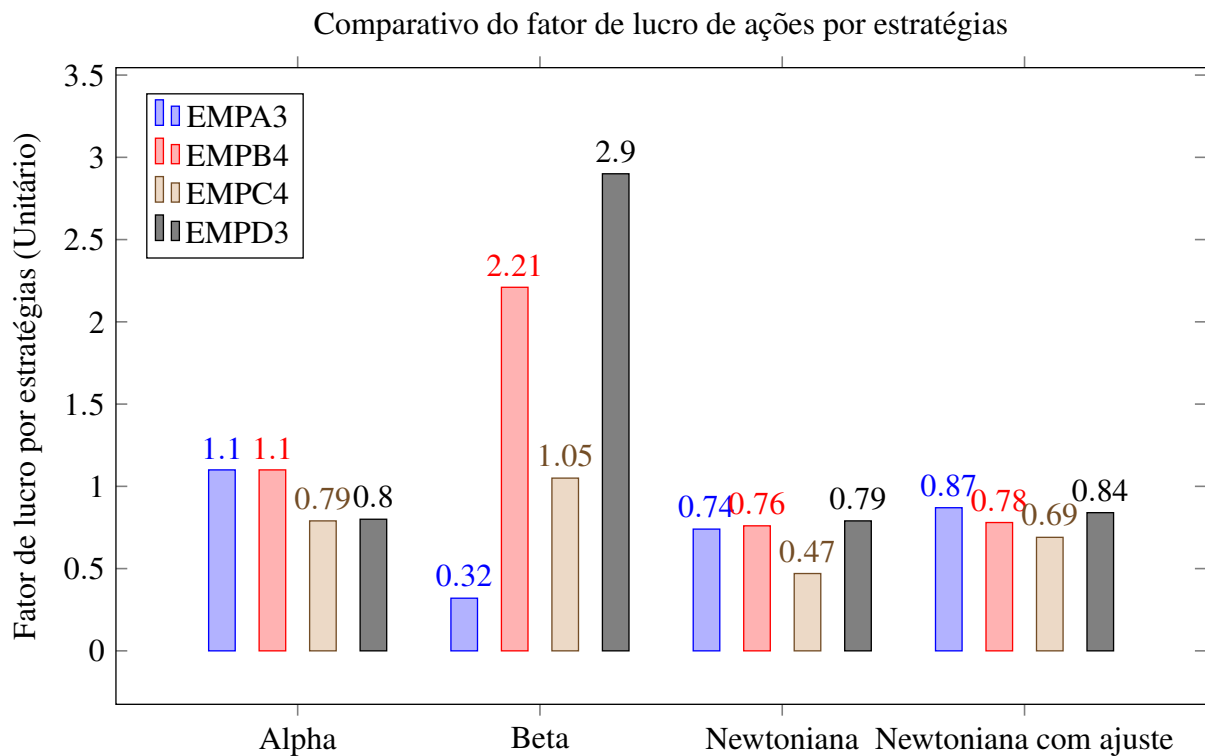
**Tabela 6 – Comparação por métricas o desempenho das estratégias**

Estratégia	Ativo	Fator		Índice de Sharpe	Correlação LR	Erro Padrão	Z-Pontuação
		Lucro	Recuperação				
Alpha	EMPA3	1,10	0,15	0,03	0,42	52,06	-2.92 (99.65%)
	EMPB4	1,10	0,63	0,04	0,60	227,85	-0.59 (44.48%)
	EMPC4	0,79	-0,41	-0,07	-0,84	35,41	0.68 (50.35%)
	EMPD3	0,80	-0,64	-0,09	-0,58	485,42	-1.46 (85.57%)
Beta	EMPA3	0,32	-0,98	-0,17	-0,99	35,40	0.39 (30.35%)
	EMPB4	2,21	10,65	0,13	0,96	164,04	0.36 (28.12%)
	EMPC4	1,05	0,18	0,01	0,73	53,43	-0.00 (0.00%)
	EMPD3	2,90	27,51	0,24	0,98	314,57	0.75 (54.67%)
Newtoniana	EMPA3	0,74	-0,93	-0,10	-0,99	32,22	-1.29 (80.29%)
	EMPB4	0,76	-0,90	-0,09	-0,97	301,35	-0.93 (64.76%)
	EMPC4	0,47	-0,99	-0,23	-0,99	55,73	0.78 (56.46%)
	EMPD3	0,79	-0,79	-0,08	-0,84	1284,99	-1.17 (75.80%)
Newtoniana com ajuste	EMPA3	0,87	-0,58	-0,04	-0,58	52,44	-0.55 (41.77%)
	EMPB4	0,78	-0,64	-0,07	-0,90	533,95	0.55 (41.77%)
	EMPC4	0,69	-0,85	-0,12	-0,94	56,57	-0.28 (22.05%)
	EMPD3	0,84	-0,75	-0,05	-0,97	254,93	-2.56 (98.95%)

Fonte: Autoria Própria

valores superiores à média dos fatores de lucro, a empresa EMPB4 obteve de 10,65 e EMPD3 encerrou o teste com fator de recuperação em 27,51. Todas as estratégias obtiveram valores negativos para fator de recuperação ao menos em uma empresa e isso é exibido na Figura 20.

A respeito de negociações realizadas pelas estratégias, a média de negócios realizados foi de 970,58, a estratégia alpha não obteve em nenhuma empresa negociada, negócios acima da média. Beta e newtoniana sem ajuste obtiveram negociações acima da média em todas as empresas analisadas, entretanto, newtoniana com ajuste obteve as empresas EMPA3 e EMPC4 negociações abaixo da média, quem mais negociou foi a estratégia beta na empresa EMPD3 e quem menos negociou foi a estratégia alpha com empate de duas empresas EMPA3 e EMPC3 com 62 negociações durante o intervalo de análise.



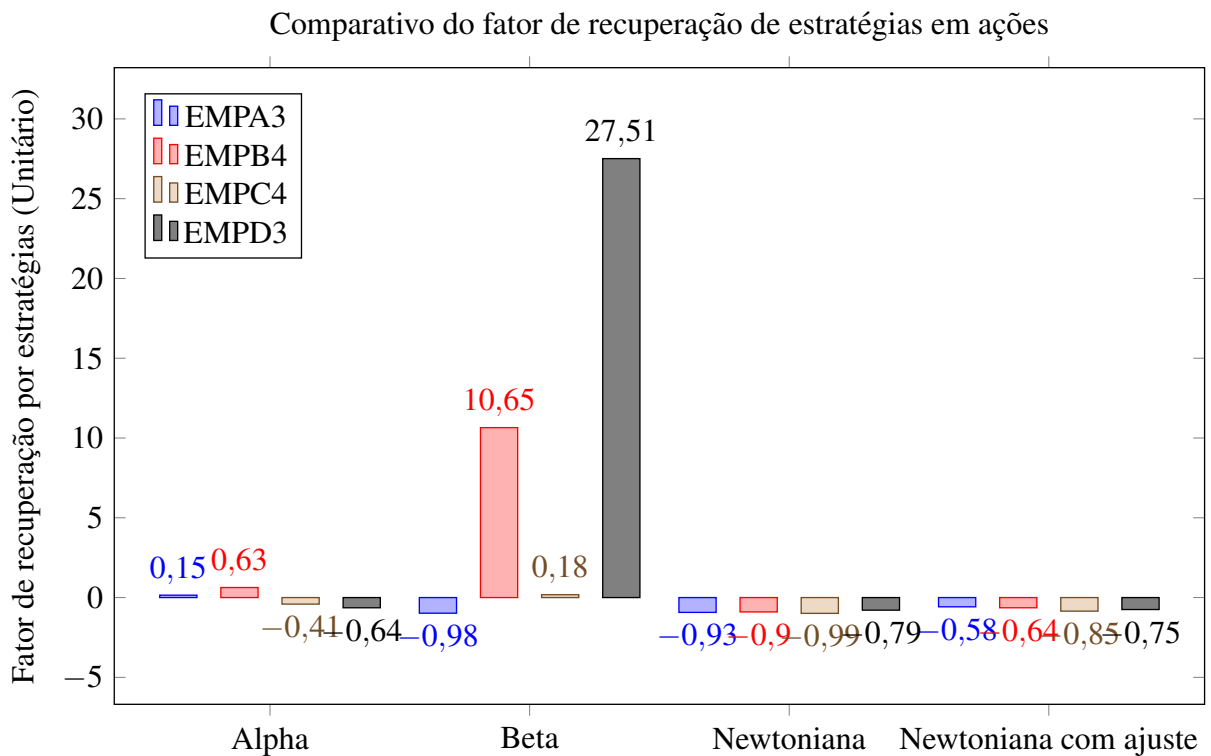
**Figura 19 – Gráfico de comparativo do fator de lucro por estratégias**

**Fonte: Autoria Própria**

## 5.1 RESULTADOS DA ESTRATÉGIA ALPHA

O resultado da evolução do capital líquido aplicando a estratégia alpha nas empresas que possuem o código do instrumento financeiro EMPA3, EMPB4, EMPC4 e EMPD3 é exibido na Figura 25, o gráfico na imagem é uma comparação financeira durante o intervalo de 12/01/2016 até 13/03/2021, pode-se observar que as empresas com os códigos de negociação EMPA3 e EMPD3 ficaram estagnadas, o motivo para a estagnação no capital líquido pode ter relação com a baixa volatilidade das ações escolhidas, observa-se que a EMPB4 fechou o período em lucro líquido de 0,00196% em relação ao depósito inicial, sendo então a empresa que obteve o maior lucro ao final do teste para essa estratégia, de modo contrário a empresa EMPC4 obteve o maior prejuízo de capital líquido para essa estratégia, obtendo uma desvalorização de 0,05233% em relação ao depósito inicial.

A empresa EMPA3 ao ser negociada com a estratégia alpha, realizou 62 negociações, dentre esses negócios 29 foram vendas realizadas e 33 foram compras, tem-se respectivamente o percentual de ganho e perda para essas negociações, sendo 65,52% das posições de vendas



**Figura 20 – Gráfico de comparativo do fator de recuperação por estratégias**

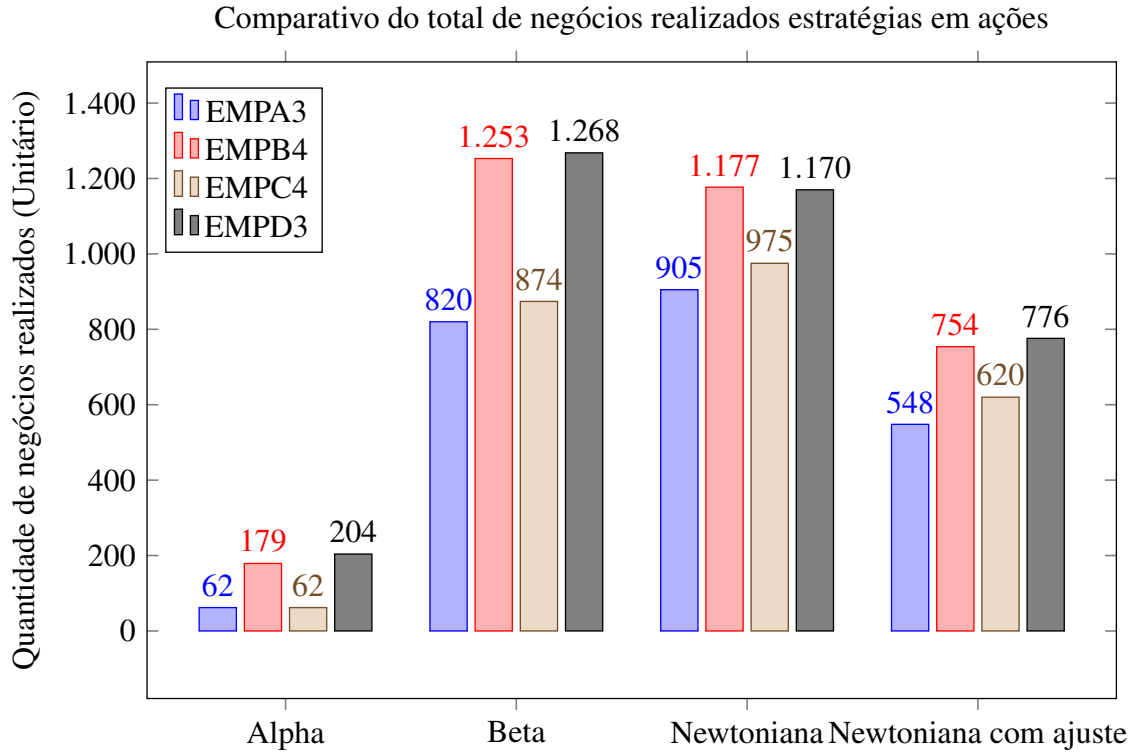
**Fonte: Autoria Própria**

foram lucrativas e das compras realizadas 42,42% também obtiveram ganhos. O maior lucro foi de R\$ 86,00 e tem-se como maior perda -R\$100,00 obteve-se a média de lucro para as negociações em R\$ 16,55 e média de perda à -R\$ 17,14. Pode-se observar também os resultados dos ganhos e perdas consecutivas, conquistou um máximo de ganho consecutivo em 6 vezes e obteve um máximo de perda consecutiva e 7 vezes. Para o coeficiente de correlação para regressão linear obteve-se 0,42 e inclusive o erro padrão de 52,06.

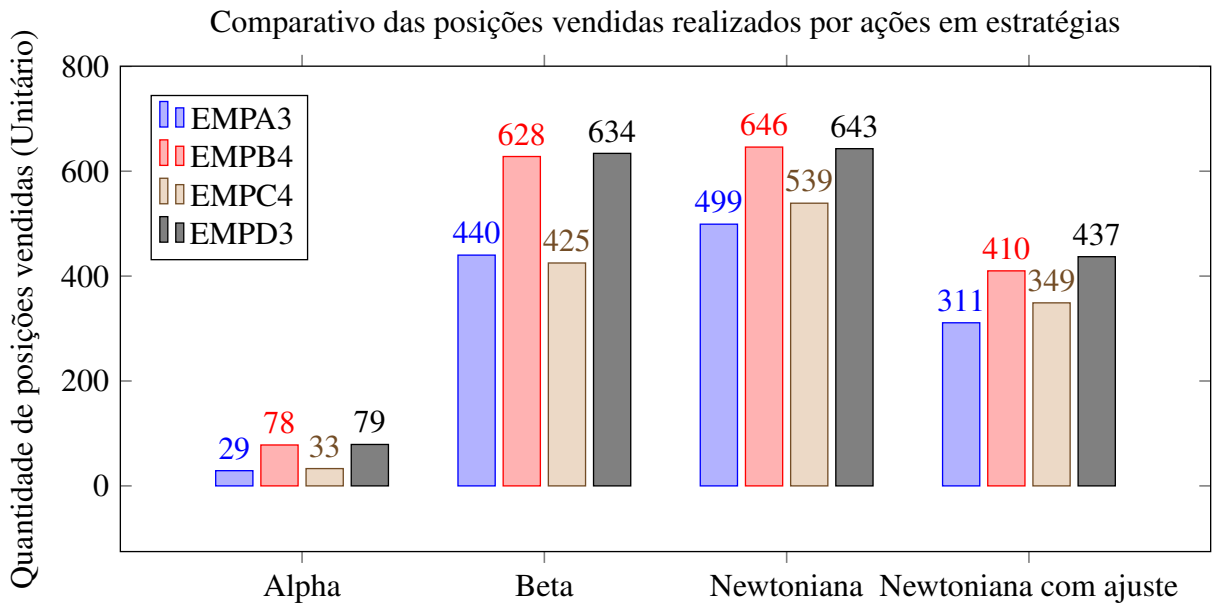
Totalizou a empresa EMPB4 179 negociações durante o período de teste, desses negócios realizados 78 foram posições de vendas e 101 foram de compras, considerando o ganho de capital por tipo de operação, obteve-se 65,38% de negociações ganhadoras nas vendas realizadas, para os negócios de compras obteve-se 65,35% de ganhos, o maior lucro obtido no decorrer do teste nesta empresa foi de R\$135,00 e a maior perda de - R\$287,00 obteve-se neste período a média de ganhos em R\$40,66 e respectivamente uma média de perda em - R\$69,53. A estratégia testada na empresa, obteve o máximo de ganhos consecutivos em 10 durante o período de análise, em modo contrário obteve o máximo de perdas consecutivas em 4, inclusive conseguiu coeficiente de correlação para regressão linear de 0,60 e 227,85 como erro padrão.

A totalidade para negociações realizadas na empresa EMPC4 foi de 62 negócios, que foram efetuados durante a análise, desse total de negócios 33 foram posições vendidas

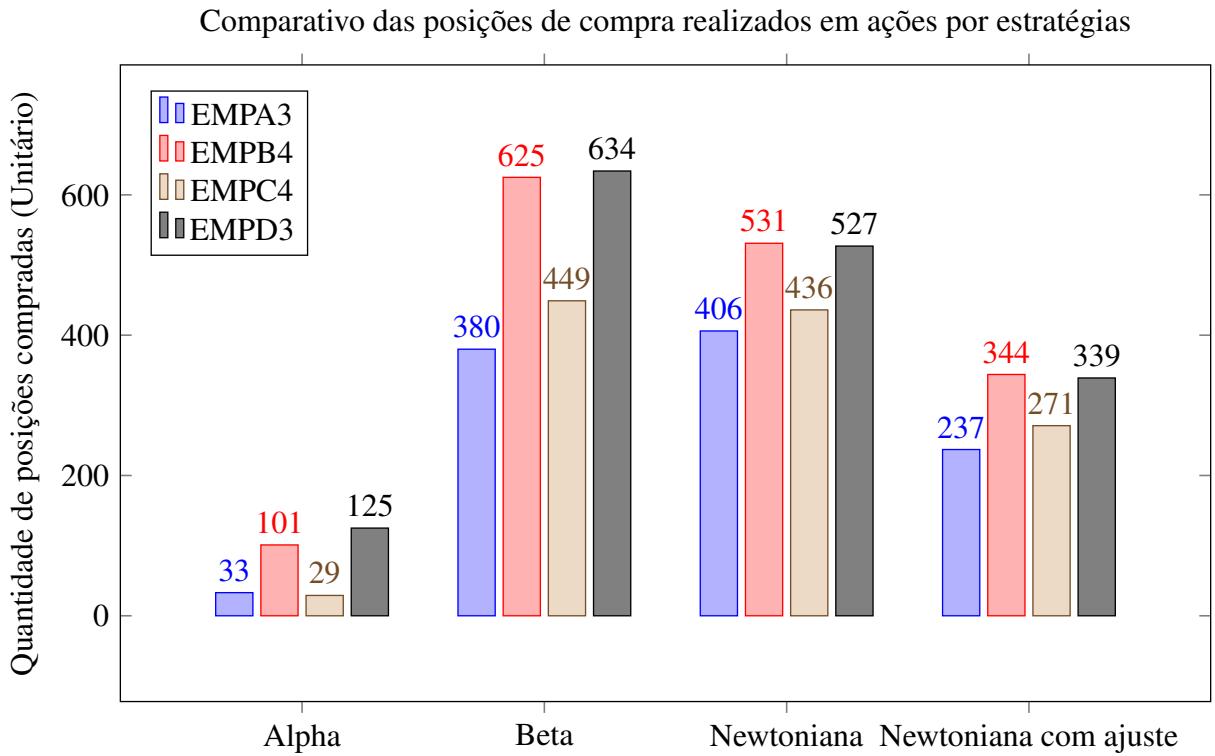




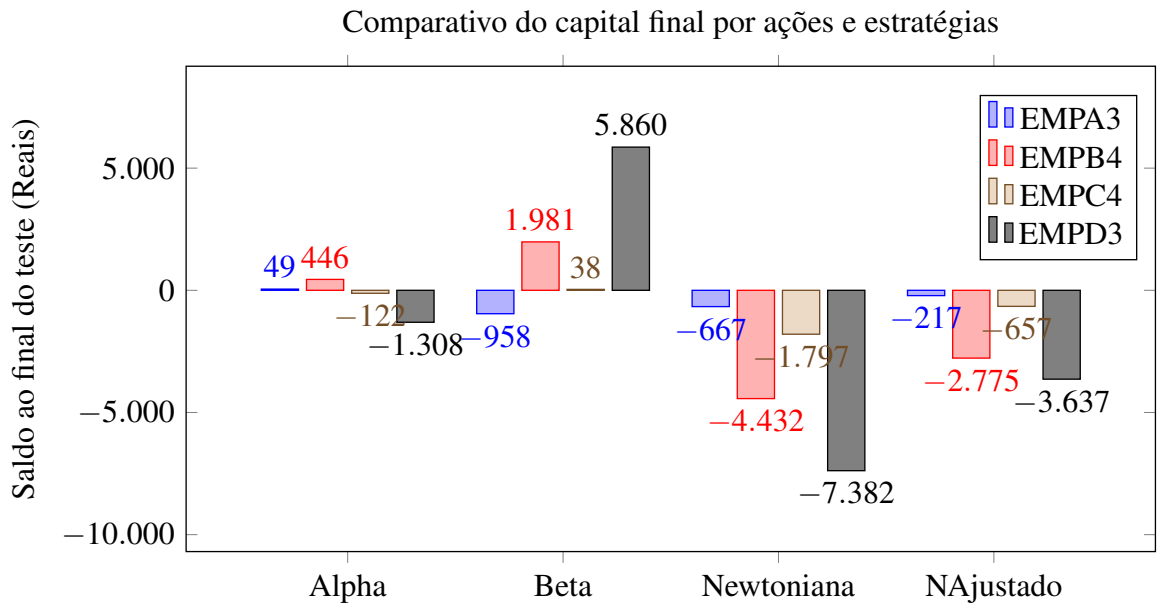
**Figura 21 – Gráfico de Comparativo do total de negócios realizados por ações em estratégias**  
**Fonte: Autoria Própria**



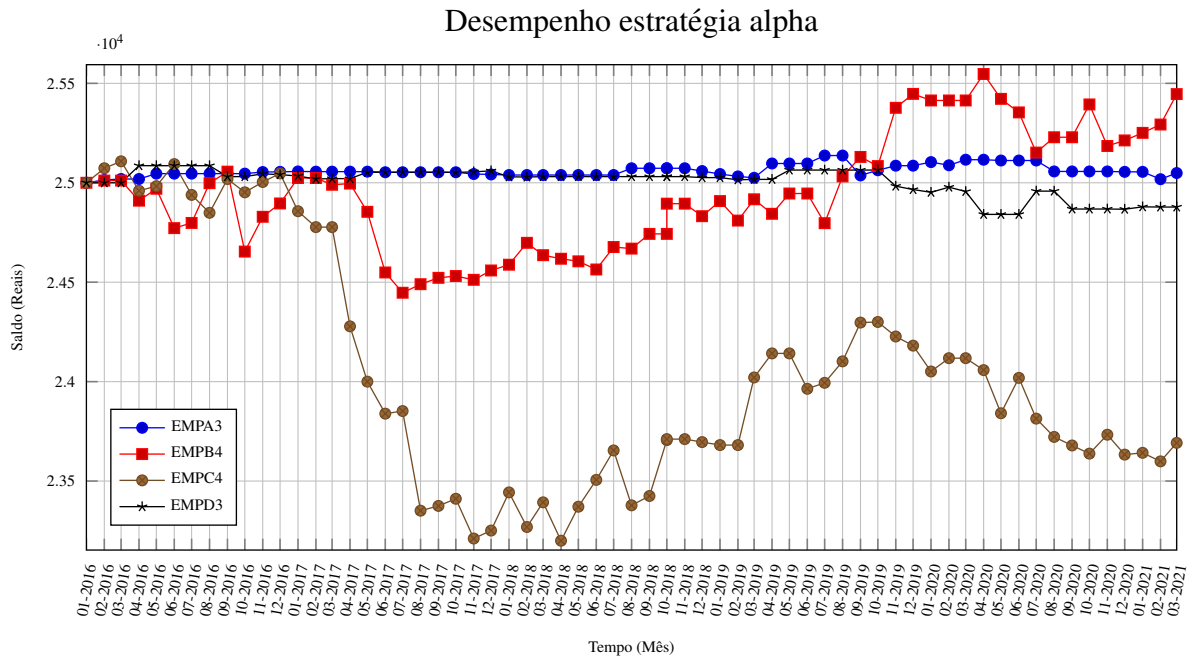
**Figura 22 – Gráfico de comparativo das posições vendidas realizados por ações em estratégias**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Figura 23 – Gráfico de comparativo das posições de compra realizados em ações por estratégias**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Figura 24 – Gráfico de comparativo do capital final por ações e estratégias**  
**Fonte: Autoria Própria**



**Figura 25 – Gráfico do comparativo de desempenho da estratégia alpha com ajuste nas empresas selecionadas.**

**Fonte: Autoria Própria**

e 29 foram compras, nas vendas realizadas 45,45% das negociações foram ganhadoras e para as compras 48,28% dos negócios deram lucro. A maior lucratividade e prejuízo das negociações foram de R\$86,00 e -R\$101,00 de modo respectivo, a média do lucro e perda para as negociações realizadas foram de R\$15,62 e -R\$ -17,42. A estratégia obteve na empresa analisada um máximo de ganhos consecutivos em 6 vezes, de modo similar obteve máximo de perda consecutiva em 4 vezes, conseguindo também coeficiente de correlação para regressão linear de -0,84 e 35,41 de erro padrão.

Na empresa EMPD3, obteve-se a totalidade de 204 negociações realizadas durante o período de análise, deste total tem-se que 79 negócios foram vendas realizadas e 125 negociações de compras efetuadas, o percentual de vendas com lucratividade foi de 60,76% e com modo similar o percentual de compras com lucratividade foi de 62,40%, para essa estratégia nesta empresa obteve-se o maior lucro e prejuízo em negociações de modo respectivo, sendo, R\$159,00 e -R\$254,00. A média de lucratividade e prejuízo foi de R\$42,77 para ganhos e -R\$85,86 para perdas. A estratégia nesta empresa obteve 12 ganhos como sendo o máximo de negociações lucrativas consecutivamente e conseguiu 5 perdas como sendo o máximo de negociações perdedoras consecutivamente. Conquistou também um coeficiente de correlação para regressão linear de -0,58 e 485,42 de erro padrão.

A empresa EMPA3 ao ser negociada com a estratégia alpha, realizou 62 negociações,

dentre esses negócios 29 foram vendas realizadas e 33 foram compras, tem-se respectivamente o percentual de ganho e perda para essas negociações, sendo 65,52% das posições de vendas foram lucrativas e das compras realizadas 42,42% também obtiveram ganhos. O maior lucro foi de R\$ 86,00 e tem-se como maior perda -R\$100,00 obteve-se a média de lucro para as negociações em R\$ 16,55 e média de perda à -R\$ 17,14. Pode-se observar também os resultados dos ganhos e perdas consecutivas, conquistou um máximo de ganho consecutivo em 6 vezes e obteve um máximo de perda consecutiva e 7 vezes. Para o coeficiente de correlação para regressão linear obteve-se 0,42 e inclusive o erro padrão de 52,06.

Totalizou a empresa EMPB4 179 negociações durante o período de teste, desses negócios realizados 78 foram posições de vendas e 101 foram de compras, considerando o ganho de capital por tipo de operação, obteve-se 65,38% de negociações ganhadoras nas vendas realizadas, para os negócios de compras obteve-se 65,35% de ganhos, o maior lucro obtido no decorrer do teste nesta empresa foi de R\$135,00 e a maior perda de - R\$287,00 obteve-se neste período a média de ganhos em R\$40,66 e respectivamente uma média de perda em - R\$69,53. A estratégia testada na empresa, obteve o máximo de ganhos consecutivos em 10 durante o período de análise, em modo contrário obteve o máximo de perdas consecutivas em 4, inclusive conseguiu coeficiente de correlação para regressão linear de 0,60 e 227,85 como erro padrão.

A totalidade para negociações realizadas na empresa EMPC4 foi de 62 negócios, que foram efetuados durante a análise, desse total de negócios 33 foram posições vendidas e 29 foram compras, nas vendas realizadas 45,45% das negociações foram ganhadoras e para as compras 48,28% dos negócios deram lucro. A maior lucratividade e prejuízo das negociações foram de R\$86,00 e -R\$101,00 de modo respectivo, a média do lucro e perda para as negociações realizadas foram de R\$15,62 e -R\$ -17,42. A estratégia obteve na empresa analisada um máximo de ganhos consecutivos em 6 vezes, de modo similar obteve máximo de perda consecutiva em 4 vezes, conseguindo também coeficiente de correlação para regressão linear de -0,84 e 35,41 de erro padrão.

Na empresa EMPD3, obteve-se a totalidade de 204 negociações realizadas durante o período de análise, deste total tem-se que 79 negócios foram vendas realizadas e 125 negociações de compras efetuadas, o percentual de vendas com lucratividade foi de 60,76% e com modo similar o percentual de compras com lucratividade foi de 62,40%, para essa estratégia nesta empresa obteve-se o maior lucro e prejuízo em negociações de modo respectivo, sendo, R\$159,00 e -R\$254,00. A média de lucratividade e prejuízo foi de R\$42,77 para ganhos e -R\$85,86 para perdas. A estratégia nesta empresa obteve 12 ganhos como sendo o máximo de negociações lucrativas consecutivamente e conseguiu 5 perdas como sendo o máximo de negociações perdedoras consecutivamente. Conquistou também um coeficiente de correlação

para regressão linear de -0,58 e 485,42 de erro padrão.

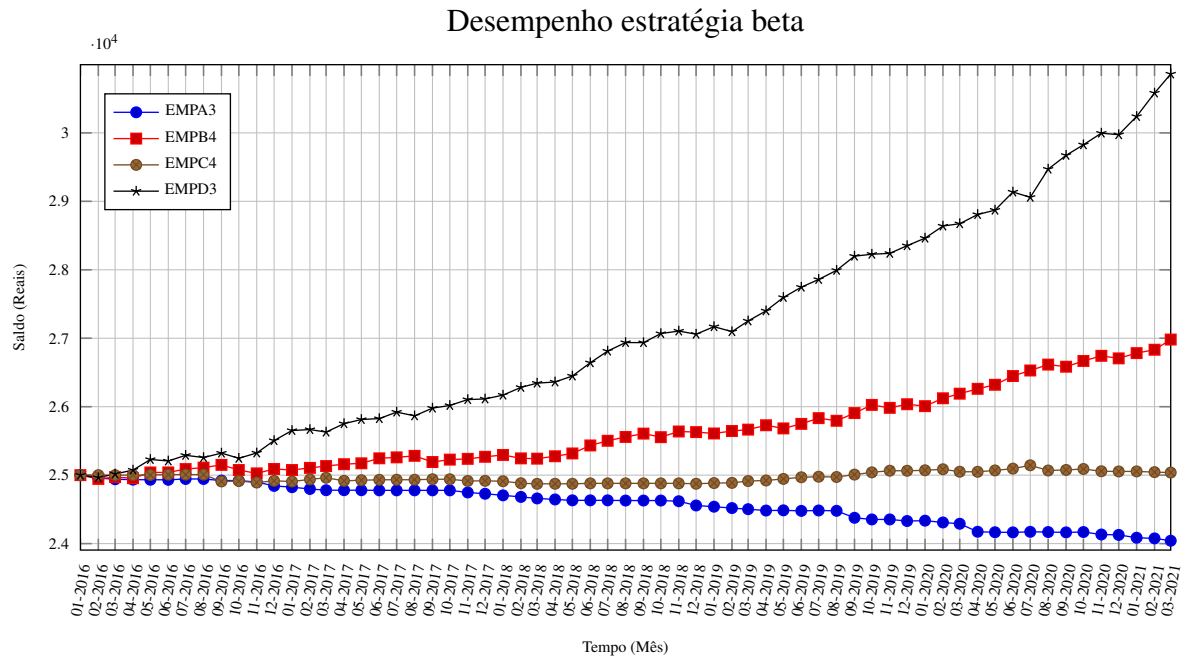
Às quatro empresas que foram negociadas com a estratégia alpha, obtiveram os resultados de negociações comparados, observou-se que o máximo e mínimo de negócios efetuados para todas empresas nesta estratégia foram 204 e 62 respectivamente, sendo a média de 126,75 para as negociações, a empresa que houve maior quantidade de negócios para a estratégia em questão, foi a empresa EMPD3 com 204, sendo a companhia com menos negócios a EMPA3 e EMPC4 com 62 posições encerradas para ambas. A companhia com maior volume de negociações para venda em relação às outras empresas analisadas nesta estratégia é a EMPD3, que possui 79 negociações, e a empresa que obteve a menor quantidade de ações negociadas foi EMPA3 com 29. A empresa EMPD3 obteve maior lucro das negociações sendo R\$159,00 de mesmo modo obteve a maior perda em negociações ao comparar com outras empresas analisadas, seu resultado foi de - R\$254,00.

## 5.2 RESULTADOS DA ESTRATÉGIA BETA

O resultado da evolução do capital líquido da estratégia beta nas empresas que possuem os códigos do instrumento financeiro descrito na Tabela 2 é exibido na Figura 26, o gráfico é uma comparação financeira durante o intervalo de 12/01/2016 até 13/03/2021, observou-se que apenas uma empresa obteve resultado financeiro negativo, obtendo desvalorização do depósito inicial em 0,03832%, de modo contrário a empresa EMPD3 obteve o maior lucro entre as empresas, sendo 0,2344% lucrativa em relação ao depósito inicial.

Para a estratégia beta ao ser aplicado o teste na empresa EMPA3, executou 820 negociações, deste total, 440 foram vendas e 380 compras concretizadas, tem-se o valor em percentual de quantas negociações vendidas e compradas foram lucrativas, sendo representado respectivamente 33,18% e 46,32%, o maior lucro de uma negociação foi de R\$29,00 e maior perda -R\$124,00, a média de lucro e perda em negociações realizadas foram de R\$ 1,43 e - R\$ 2,85 respectivamente. Pode-se observar também os resultados dos ganhos e perdas consecutivas, conquistou um máximo de ganho consecutivo em 6 vezes e obteve um ápice de perda consecutiva e 14 vezes. Para o coeficiente de correlação para regressão linear obteve-se -0,99 e inclusive o erro padrão de 35,40.

Totalizou a empresa EMPB4 1253 negociações durante o período de teste, desses negócios realizados 628 foram posições de vendas e 625 foram de compras, considerando o



**Figura 26 – Gráfico do comparativo do desempenho da estratégia beta com ajuste automático aplicado nas empresas selecionadas.**

**Fonte: Autoria Própria**

ganho de capital por tipo de operação, obteve-se 98,25% de negociações ganhadoras nas vendas realizadas, para os negócios de compras obteve-se 97,76% de ganhos, o maior lucro obtido no decorrer do teste nesta empresa foi de R\$79,00 e a maior perda de - R\$100,00 obteve-se neste período a média de ganhos em R\$2,95 e respectivamente uma média de perda em - R\$ 65,60. A estratégia testada na empresa, obteve o máximo de ganhos consecutivos em 143 durante o período de análise, em modo contrário obteve o máximo de perdas consecutivas em 1, inclusive conseguiu coeficiente de correlação para regressão linear de 0,96 e 164,04 como erro padrão.

As negociações realizadas na companhia EMPC4 resultaram 874 negócios, que foram efetuados durante a análise, desse total de negócios 425 foram posições vendidas e 449 foram compras, nas vendas realizadas 95,29% das negociações foram ganhadoras e para as compras 93,54% dos negócios deram lucro. A maior lucratividade e prejuízo das negociações foram de R\$47,00 e -R\$100,00 de modo respectivo, a média do lucro e perda para as negociações realizadas foram de R\$0,91 e R\$14,57. A estratégia obteve na empresa analisada um máximo de ganhos consecutivos em 102 vezes, de modo similar obteve máximo de perda consecutiva em 2 vezes, conseguindo também coeficiente de correlação para regressão linear de 0,73 e 53,43 de erro padrão.

Na empresa EMPD3, obteve-se a totalidade de 1268 negociações realizadas durante o período de análise, deste total tem-se que 634 negócios foram vendas realizadas e 634

negociações de compras efetuadas, o percentual de vendas com lucratividade foi de 97,95% e de modo similar o percentual de compras com lucratividade foi de 96,53%, para essa estratégia nesta empresa obteve-se o maior lucro e prejuízo em negociações de modo respectivo, sendo, R\$100,00 e -R\$100,00. A média de lucratividade e prejuízo foi de R\$7,25 para ganhos e -R\$88,09 para perdas. A estratégia nesta empresa obteve 158 ganhos como sendo o máximo de negociações lucrativas consecutivamente e conseguiu 1 perda como sendo o máximo de negociações perdedoras consecutivamente. Conquistou também um coeficiente de correlação para regressão linear de 0,98 e 314,57 de erro padrão.

### 5.3 RESULTADOS DA ESTRATÉGIA NEWTONIANA SEM AJUSTE AUTOMÁTICO

O resultado da evolução do capital líquido da estratégia newtoniana sem o ajuste automático, é apresentado em função dos meses que foram analisados, pode-se observar o comportamento da estratégia pelo gráfico da Figura 27, o tempo de análise realizado para essa estratégia é descrito na Tabela 2, foi apresentado todas as empresas e seus respectivos resultados.

A empresa EMPA3 ao ser negociada com a estratégia newtoniana sem ajuste, realizou 905 negociações, dentre esses negócios 499 foram vendas realizadas e 406 foram compras, tem-se respectivamente o percentual de ganho e perda para essas negociações, sendo 42,69% das posições de vendas foram lucrativas e das compras realizadas 46,31% também obtiveram ganhos. O maior lucro foi de R\$ 37,00 e tem-se como maior perda -R\$ 71,00 obteve-se a média de lucro para as negociações em R\$ 4,66 e média de perda à -R\$ 5,03. Pode-se observar também os resultados dos ganhos e perdas consecutivas, onde se ganhou consecutivamente 8 vezes e perdeu de mesmo modo 17 vezes. Para o coeficiente de correlação para regressão linear obteve-se 0,99 e inclusive o erro padrão de 32,22.

Totalizou a empresa EMPB4 1177 negociações durante o período de teste, desses negócios realizados 646 foram posições de vendas e 531 foram de compras, considerando o ganho de capital por tipo de operação, obteve-se 44,58% de negociações ganhadoras nas vendas realizadas, para os negócios de compras obteve-se 44,26% de ganhos, o maior lucro obtido no decorrer do teste nesta empresa foi de R\$ 230,00 e a maior perda de - R\$ 257,00 obteve-se neste período a média de ganhos em R\$ 27,53 e respectivamente uma média de perda em - R\$ 27,79. A estratégia testada na empresa obteve 8 ganhos consecutivos durante o período de análise, em

modo contrário obteve 10 perdas consecutivas, inclusive conseguiu coeficiente de correlação para regressão linear de 0,97 e erro padrão de 301,35.

A totalidade para negociações realizadas na empresa EMPC4 foi de 975 negócios, que foram efetuados durante o período de teste, desse total de negócios 539 foram posições vendidas e 436 foram compras, nas vendas realizadas 35,06% das negociações foram ganhadoras e para as compras 39,22% dos negócios deram lucro. A maior lucratividade e prejuízo das negociações foram de R\$ 65,00 e -R\$ 67,00 de modo respectivo, a média do lucro e perda para as negociações realizadas foram de R\$ 4,51 e -R\$ 5,56. A estratégia obteve na empresa analisada um máximo de ganhos consecutivos em 7 vezes, de modo similar obteve máximo de perda consecutiva em 13 vezes, conseguindo também coeficiente de correlação para regressão linear de -0,99 e erro padrão de 55,73.

Na empresa EMPD3, obteve-se a totalidade de 1170 negociações realizadas durante o período de análise, deste total tem-se que 643 negócios foram vendas realizadas e 527 negociações de compras efetuadas, o percentual de vendas com lucratividade foi de 42,6% e com modo similar o percentual de compras com lucratividade foi de 45,35%, para essa estratégia nesta empresa obteve-se o maior lucro e prejuízo em negociações de modo respectivo, sendo, R\$ 431,00 e -R\$ 674,00. A média de lucratividade e prejuízo foi de R\$ 54,39 para ganhos e R\$ 53,71 para perdas. A estratégia nesta empresa obteve 11 ganhos como sendo o máximo de negociações lucrativas consecutivamente e conseguiu 10 perdas como sendo o máximo de negociações perdedoras consecutivamente. Conquistou também um coeficiente de correlação para regressão linear de -0,84 e erro padrão de 1.284,99.

Para as quatro empresas analisadas com a estratégia newtoniana sem ajuste, a empresa que houve maior quantidade de negócios para a estratégia em questão, foi a empresa EMPB4 com 1177, sendo a companhia com menos negócios a EMPA3 com 905, obtendo um decréscimo de 22,64% em relação à empresa com mais negócios. A companhia com maior quantidade em negociações de venda em relação às outras é a EMPD3, que possui 643 negociações, opostamente a empresa que obteve a menor quantidade de ações negociadas foi EMPA3 com 499, obtendo decréscimo de 22,39%. A empresa EMPD3 obteve maior lucro das negociações sendo R\$431 e maior perda nos negócios sendo -R\$ 674,00 obteve também as maiores médias, sendo a média de lucro e média de perda, R\$ 54,39 e -R\$ 53,71 respectivamente.

A respeito das previsões realizadas tem-se a tabela 7 que apresenta os dados resultantes das empresas que foram negociadas com base no método de método de interpolação polinomial da forma de Newton implementado no indicador, tem-se o total de negociações realizadas, bem como as previsões que foram assertivas e as que não foram, tem-se também o encerramento diário das posições que permaneceram abertas as quais não alcançaram nem o ajuste de ganho



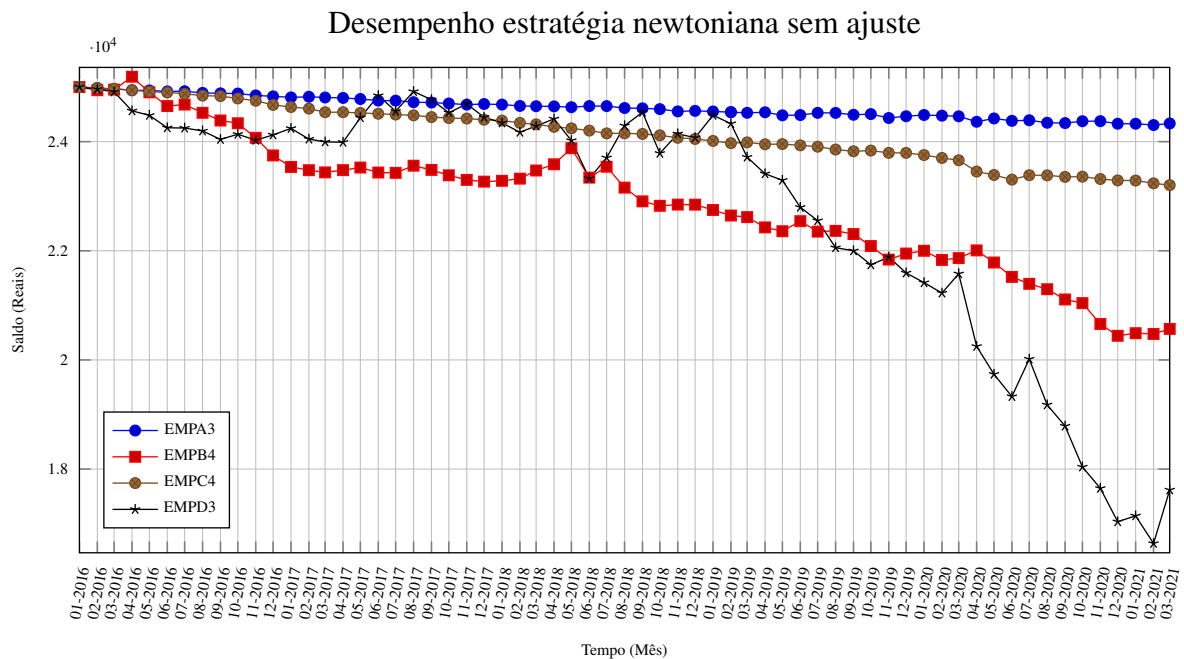
ou perda, o encerramento diário é então a representação da quantidade de posições que foram encerradas pelo sistema ao final do dia operacional.

**Tabela 7 – Resultado das previsões para estratégia newtoniana sem ajuste**

Empresa	Total de Negociações	Assertivas	Não Assertivo	Encerramento diário
EMPA3	905	91	152	662
EMPB4	1.177	145	196	836
EMPC4	975	89	214	672
EMPD3	1.170	133	194	843
Média	1.056,75	114,5	189	753,25
Desvio Padrão	119,37	24,87	22,73	86,35
Variância	14.249	618,75	517	7.457,68

Fonte: Autoria Própria

Obtendo um lucro líquido total de onde seu lucro bruto foi de R\$ 1.870,00 e perda bruta foi de R\$ 2.537,00 e o rebaixamento máximo do capital líquido foi de R\$720,00, seu fator de lucro e recuperação foram de 0,74 e -0,93 respectivamente, obteve-se uma correlação para regressão linear (LR) de -0,99 e erro padrão LR de R\$32,22, realizou um total de 905 negociações.



**Figura 27 – Gráfico do comparativo de desempenho da estratégia newtoniana sem ajustes aplicado nas empresas selecionadas.**

Fonte: Autoria Própria

#### 5.4 RESULTADOS DA ESTRATÉGIA NEWTONIANA COM AJUSTE AUTOMÁTICO

O resultado da evolução do capital líquido da estratégia newtoniana com ajuste nas empresas que foram descritas na Tabela 2 exibido os resultados na Figura 28, o gráfico é uma comparação financeira durante o intervalo de 12/01/2016 até 13/03/2021, newtoniana com ajuste não obteve lucro líquido positivo ao final do teste, entretanto, a estratégia newtoniana ajustada obteve melhora em relação ao newtoniano sem ajuste, visto que todas as perdas que ocorreram em newtoniana ajustada foram inferiores à newtoniana sem ajuste. Para newtoniana com ajuste, obtiveram-se os seguintes percentuais de desvalorização do capital líquido, para a empresa EMPA3 0.00868%, EMPB4 0.091%, EMPC4 0.02628% e EMPD3 0,14548%.

A companhia EMPA3, obteve a totalização de 548 negociações realizadas durante o período de análise, do total, 311 negócios foram posições vendidas e 237 foram compradas, onde o percentual para os negócios realizados de vendas lucrativas foi de 53,38% e para as compras realizadas foram 52,74%, a maior lucratividade e prejuízo em negociações para estas empresas foi de R\$50,00 e - R\$75,00 reais, sendo a média de lucro e perda em negociações de R\$ 5,21 e -R\$6,74 respectivamente. A estratégia obteve ao aplicar o teste na empresa o máximo de ganhos consecutivos e de perdas consecutivas, para o ganho foi 11 vezes e para perda foram 15, inclusive a estratégia obteve correlação para regressão linear de -0,58 e erro padrão de 52,44.

A totalidade de negociações realizadas para entidade foram de 754 durante o período de teste, 410 deste total foram negócios de venda e 344 foram negociações de compra, onde 57,80% dos negócios de venda foram lucrativos, sendo 57,53% das posições encerradas obtiveram lucro para compra, o maior e menor lucro nas negociações realizadas foram de R\$ 223,00 e -R\$ 475,00 respectivamente, obteve-se uma média para lucro e perda para negociações em R\$ 22,49 para os ganhos e - R\$ 39,36 reais para os prejuízos. A estratégia ainda para empresa mencionada obteve um máximo de ganho consecutivo em 15 oportunidades de negociações, similarmente obteve o máximo de 12 perdas consecutivas e até mesmo obteve coeficiente de correlação para regressão linear de -0,90 e erro padrão de 533,95.

Os totais de negócios vendidos para empresa EMPC4 durante o intervalo de análise foram 349 negociações, para as compras foram 271 negócios realizados, obtendo-se um total de 620 negociações, tendo-se para as vendas realizadas o percentual de ganho em 51% e para as compras a porcentagem foi de 48,71% com negociações lucrativas neste tipo de ordem, o maior e menor lucro durante o intervalo de análise realizado foram de R\$ 55,00 e -R\$ 84,00 reais, obtendo-se as médias de lucratividade e prejuízo, sendo elas expressam na devida ordem R\$ 4,72 e -R\$ 6,84 reais, a estratégia colocada para a respectiva empresa mencionada obteve o

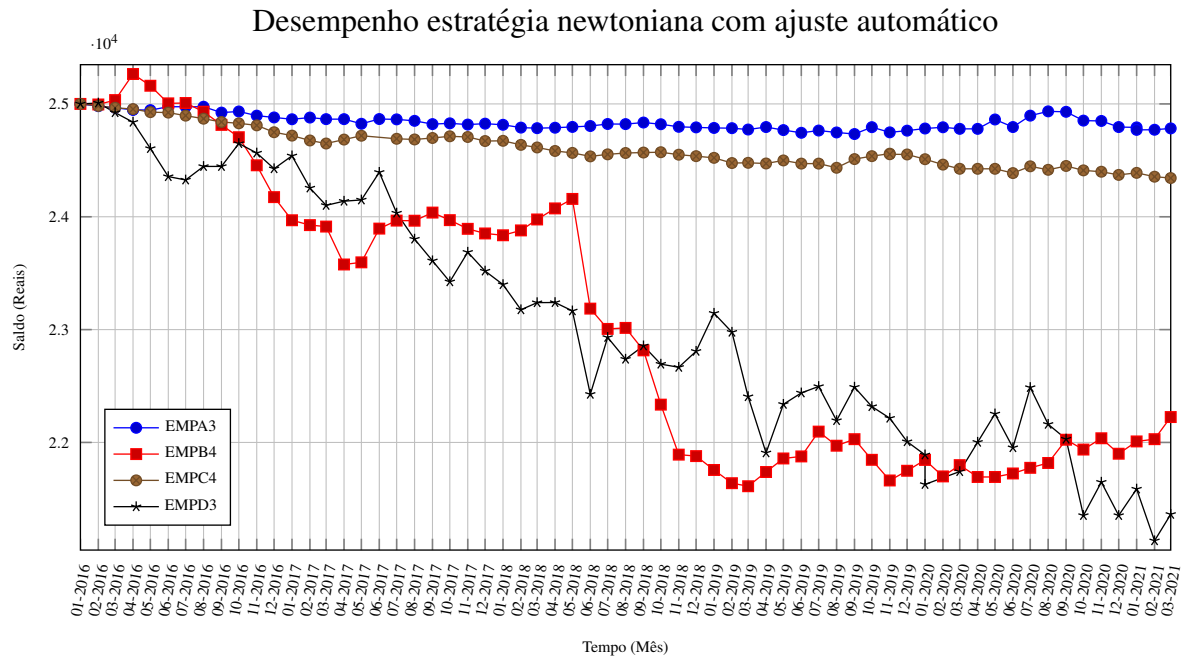
máximo de 11 ganhos e perdas consecutivas, de modo igual.

Para negociações que foram realizadas na empresa EMPD3, teve-se 776 negócios concluídos, observou-se desse modo que a quantidade de negociações para as vendas foram de 437 posições encerradas e 339 negócios finalizados de compra, onde a lucratividade das negociações vendidas e compradas são apresentados de modo respectivo sendo 58,12% e 58,70 por cento. A maior lucratividade e prejuízo nesta empresa ao ser negociada, foram de R\$ 294,00 para o lucro e -R\$ 485,00 para a perda, obtiveram-se inclusive os coeficientes de correlação para regressão linear de -0,97 e erro padrão de 254,93.

Ao comparar-se as quatro empresas selecionadas para o estudo na estratégia newtoniana com ajuste, observou-se que a média do total de negociações realizadas resultou em 1023,5 negócios, sendo que somente duas companhias superaram a média sendo as empresas EMPC4 e EMPD3 com o total de negociações em 1240 e 1552 respectivamente, a companhia mais negociada para essa estratégia foi EMPD3 com 1552 negócios realizados, sendo a menos operada EMPA3 com 548 posições encerradas, a empresa que obteve maior volume de negociações em vendas foi a EMPD3 com 437 negócios, e de modo oposto, a que tem menor quantidade de negociações em compra é a entidade EMPA3 com 311 negócios, a diferença em percentual da empresa com maior e menor quantidade de negócios é 0,2883%.

A companhia EMPD3 obteve o maior percentual de lucratividade em posições vendidas, sendo ele 58,12% das vendas com resultados positivos, para os negócios de compra, a empresa que mais realizou negociações foi a EMPB4 com 344 negócios finalizados, porém, não foi a maior com percentual de ganhos, ao contrário a que menos realizou compras foi a empresa EMPC4 realizando 271 negociações e sendo também a companhia que obteve o menor percentual de ganhos, a empresa com maior lucro em negociações entre as quatro empresas foi a EMPD3 que obteve R\$ 294,00 reais e inversamente a EMPA3 alcançou o menor lucro entre as quatro empresas sendo seu resultado R\$ 50,00 reais, a média de negociações com maior lucro foi de R\$ 155,50 reais, a companhia com menor prejuízo em suas negociações foi a EMPA3 com -R\$ 75,00 e a empresa que obteve o maior prejuízo foi EMPD3 -R\$ 485,00 reais, observando-se que a média ficou em R\$ 279,75 reais.

A empresa EMPD3 obteve a maior média de lucro no seus negócios realizados sendo seu resultado R\$43,36 reais, de modo oposto a entidade que obteve a menor média de lucro foi a empresa EMPC4 com R\$ 4,72 reais, para a média de perda em negociações, a empresa EMPC4 obteve a maior média, sendo R\$ -6,74 reais, sendo a menor média da companhia EMPD3. No quesito máximo de lucratividade e perda consecutiva, obteve-se para as empresas analisadas a média de 12,25 vezes como máximo de ganho consecutivo e 11,5 para perdas consecutivas.



**Figura 28 – Gráfico do comparativo de desempenho da estratégia newtoniana com ajuste nas empresas selecionadas.**

**Fonte: Autoria Própria**

## 5.5 COMPARATIVO GERAL DAS ESTRATÉGIAS

Levando em consideração as métricas da Tabela 6 e o capital resultante em cada teste, realizou um comparativo geral das estratégias definindo qual obteve um melhor desempenho durante o período de análise.

Avaliando alpha, a estratégia obteve dois fatores de lucro que superaram a média dos mesmos, onde o fator de lucro e recuperação maiores foram providos pela empresa EMPB4, seus resultados foram 1,10 para fator de lucro e 0,63 para o fator de recuperação, o fator de lucro apresentado mostra que ao decorrer do teste a soma dos lucros brutos superou a soma das perdas brutas, para o fator de recuperação é apresentado a capacidade da estratégia em se recuperar de perdas seguidas, quanto maior o coeficiente melhor, sendo que neste caso não superou a média de 1,91. A eficácia e estabilidade foi de 0,04 sendo obtido pelo coeficiente *sharpe*, a variabilidade do capital é de 0,60 sendo obtido pelo coeficiente da correlação de regressão linear, quanto mais próximo de 1 melhor, se obtiver coeficiente aproximando-se de zero indica que a natureza da negociação é aleatória, ao considerar-se o tempo levado para a obtenção do capital, os resultados obtidos por alpha não foram atrativos para realização de

investimentos automatizados, visto que a relação, tempo e retorno é enorme, não há viabilidade de alocar um software para retornos baixíssimos.

Ponderando beta, a estratégia apresentou dois resultados preferíveis em relação às outras estratégias, foram obtidos os resultados das empresas EMPB4 e EMPD3. A empresa EMPB4 apresentou coeficiente do fator de lucro em 2,21 significa que a soma dos lucros brutos superou a perda bruta em 121%, sendo ainda para a mesma empresa, o fator de recuperação foi 10,65 indicando a sua capacidade de recuperar-se das perdas, significa que os lucros para essa empresa estão sendo superiores ao rebaixamento máximo do saldo. A relação risco retorno dos investimentos é apresentada pelo índice *sharpe* sendo de 0,13 isso sugere que o instrumento financeiro analisado está oferecendo retornos inferiores em relação a sua volatilidade. Apresentou uma correlação de regressão linear em 0,96 sendo um resultado interessante, pois, se aproxima do valor 1 e indica que as negociações não são aleatórias. A empresa EMPD3 obteve os maiores coeficientes do fator de lucro e recuperação, sendo eles 2,90 e 27,51 respectivamente. O índice *sharpe* foi de 0,24 e a correlação da regressão linear foi de 0,96.

Os resultados financeiros e dos coeficientes obtidos em beta, foram os melhores nas empresas mencionadas, entretanto, não significa que é um resultado bom para um investidor, em média para empresa EMPD3 obteve-se durante os 51 meses analisados o percentual de 0,45% ao mês, e anualmente 5,4%, a empresa EMPB4 teve em média o retorno financeiro de 0,15% mensalmente, e anualmente 1,8% ao ano.

A newtoniana com e sem ajuste não obteve resultados financeiros positivos, assim como não conquistou fator de lucro e recuperação acima da média geral das estratégias, similarmente foi a estratégia que maior obteve o rebaixamento do capital líquido, sendo seu máximo em 37,17%, entretanto, foi a estratégia que obteve os maiores lucros brutos e perdas brutas, a média para o fator de lucro e recuperação para essa estratégia com e sem ajustes, foi de 0,74 e -0,80 para o fator de recuperação, onde se entende para o fator de lucro que a soma dos lucros brutos foi inferior à soma das perdas brutas, de mesmo modo apresenta se também que a capacidade de se recuperar para perdas seguidas foi negativa, sendo assim a estratégia não se recupera de perdas subsequentes.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são resumidas as principais considerações finais a respeito do trabalho, bem como as contribuições para sociedade. Também é abordado os possíveis trabalhos futuros para melhorar e dar continuidade ao desenvolvimento do *software* e suas estratégias.

### 6.1 CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou que é possível a realização de negociações automatizadas no mercado de capitais, o estudo não solucionou os problemas dos investidores de curto prazo, visto que os resultados não foram satisfatórios, a principal razão para a resultância obtida é devida ao mecanismo de encerramento diário implementado em todas as estratégias. A maior parte das negociações foram encerradas de maneira prematura, acredita-se também que a baixa volatilidade nos instrumentos financeiros escolhidos tenha influenciado nos resultados, no entanto, os dados mostram que não é simples ter consistência no mercado acionário, tanto para investidores e especuladores que façam uso da automatização ou não.

Ressalta ainda que mesmo possuindo estratégias especialistas e método numérico para realização de previsão das cotações de fechamento do instrumento financeiro, mostrou-se insuficiente para gerar lucratividade satisfatória. Este trabalho ainda permite que estudantes, investidores ou especuladores que são novos no assunto e que estejam interessados em realizar negociações, possam ter parametrização do que pode ocorrer em seus resultados durante determinados intervalos.

Entretanto, alcançou-se o objetivo de desenvolver o *software trader*, o qual poderá receber melhorias e ser aplicados em novos estudos, visto que se tem um *software* genérico que realiza negociações no mercado acionário, onde conseguiu-se testar o *software trader* e avaliar, coletar os dados, comparar e discutir os resultados.

O *software trader* possibilita a inclusão de novas estratégias, sinais e indicadores de

modo simples, para inserção de novas abordagens seria necessário criar classes para uma nova estratégia e novo sinal, onde a classe deve realizar uma herança da super classe **estratégia**, bem como o sinal que pretende-se criar deverá herdar da super classe respectiva aos sinais, que neste caso é **Sinal**. A curva de aprendizado para uma pessoa que já conhece a linguagem MQL5 ou C++, é relativamente pequena, acredita-se que em uma única semana de análise dos códigos e diagramas é suficiente para elaboração de novas abordagens.

A estratégia beta chamou muita atenção devido a seus resultados, pois, é uma estratégia aleatória que contradiz o coeficiente de correlação para regressão linear, onde no melhor resultado para o coeficiente foi de 0,98 no conjunto de empresas analisados, indicando que a estratégia não tem natureza aleatória, sendo uma contradição visto que suas negociações são efetuadas de modo aleatório.

O estudo realizado apresentou diversas limitações, no início, a compreensão do método método de interpolação polinomial da forma de Newton foi dificultosa, confundiu-se a interpolação com extrapolação e isso demandou tempo de estudo para o entendimento da diferença entre os dois conceitos, a etapa de desenvolvimento do software não foi nada simplório, havendo a necessidade de realizar reestruturação para atender as necessidades de execução das estratégias e sinais. Acredita-se que o tempo de teste poderia ter sido inferior, onde o tempo atual, que é diário, não viabilizou a coleta de dados, sendo que se realizado iria gerar volume de informações inviáveis para o tratamento em curto período, sabendo que parte foi feita por expressão regular e de maneira manual.

Considerando que um período menor para execução das estratégias geraria volumes menores de negociações que seriam possíveis de serem tratadas no tempo determinado. Acredita-se que as ações de baixa volatilidade podem ter sido empecilho para resultados melhores, desta forma, admite-se que o *software* poderia ter um comportamento diferenciado se testado em índices futuros. O encerramento diário é percebido como um limitante para os resultados, visto que as operações foram finalizadas sem antes atingir seu potencial de ganho ou perda. Reconhece que a estratégia alpha poderia ter um comportamento diferenciado em períodos inferiores, gerando volume maior de negociações.

O trabalho realizou uma grande satisfação pessoal, por ter se aproximado ao sistema financeiro e descoberto novos horizontes de estudo.

## 6.2 TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento do *software trader* apresentado neste trabalho de conclusão de curso deu seus primeiros passos, com a demonstração de todas as etapas de elaboração do projeto. Existem grandes melhorias e modificações no *software* a serem feitas, sobretudo se têm enorme perspectiva em torná-lo contínuo, disponibilizando em repositório para que outras pessoas interessadas no assunto de automação financeira possam usufruir para seu desenvolvimento pessoal, fazendo uso para seus interesses próprios.

Como sugestão de trabalho futuro, entende-se que o *software* pode ser modificado para integrar uma rede neural artificial para realização de novos experimentos, baseando-se na atual estrutura existente de componentes do *software*. É algo enriquecedor também realizar novos testes, podendo criar e implementar novas técnicas que sejam distintas das atuais, ou usar as estratégias que já existem, assim poderá realizar comparativos com o atual trabalho.

Em conta demonstrativa, acredita-se que os resultados possam ser diferentes da testadora de estratégia, nesta argumentação, supõe que possam ser realizados testes na testadora de estratégia paralelamente ao teste em conta demonstrativa, isso permitiria sustentar se os resultados da testadora de estratégia são fidedignos, sendo que para elaboração e execução desta metodologia no presente trabalho não foi viável devido ao tempo reduzido.



## REFERÊNCIAS

- BRASIL, B. **Análise de Perfil do Investidor**. 2019. Disponível em: <<https://www.bb.com.br/pbb/pagina-inicial/voce/produtos-e-servicos/investimentos/analise-de-perfil-do-investidor/>>. Acesso em: 22 Mai. 2019.
- BRASIL BOLSA BALCÃO. **Uma das principais empresas de infraestrutura de mercado financeiro do mundo**. 2019. Disponível em: <[http://www.b3.com.br/pt\\_br/b3/institucional/quem-somos/](http://www.b3.com.br/pt_br/b3/institucional/quem-somos/)>. Acesso em: 01 Mai. 2019.
- BRITO, O. **Mercado financeiro : estruturas, produtos, serviços, riscos, controle gerencial, fusões e aquisições, governança corporativa**. Saraiva, 2019. ISBN 9788571440234. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsmib&AN=edsmib.000015310&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>>.
- CARRETE, L. S. **Mercado financeiro brasileiro**. Atlas, 2019. ISBN 9788597020588. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsmib&AN=edsmib.000013728&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>>.
- CASTILHO, J. E. Cálculo Numérico. **Cálculo Numérico**, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, v. 1, p. 92, 2001. Disponível em: <<https://www1.univap.br/spilling/CN/apostila4.pdf>>.
- CERBASI, G. **Investimentos Inteligentes - Para conquistar e multiplicar seu primeiro milhão**. Rua Nova Jerusalém, 345 - Bonsucesso: ThomasNelson Brasil, 2008, 2008. 1–271 p. ISBN 9788560303731.
- CHAGUE, F.; GIOVANNETTI, B. É possível viver de daytrade em ações. p. 4, 2020. ISSN 16790731. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbfin/article/view/81949>>. Acesso em: 16 Mai. 2021.
- ELDER, D. A. **Aprenda a Operar no Mercado de Ações**. Nova York: CAMPUS ELSEVIER - ALTA BOOKS, 2005, 2006. 302 p. ISBN 9788535218985.
- FRANCO, N. M. B. **Cálculo Numérico**. 1987. 489 p.
- GUBIANI, L. G. J. **A obrigação do respeito ao suitability pelas corretoras de valores**. 2016. Disponível em: <<https://laisgasparottojalil.jusbrasil.com.br/artigos/325027895/a-obrigacao-do-respeito-ao-suitability-pelas-corretoras-de-valores>>. Acesso em: 04 Mai. 2019.
- INFOMONEY. **O que faz um trader?** 2019. Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/trader>>. Acesso em: 03 Mai. 2019.
- LEMONS, F. **Análise técnica dos mercados financeiros : um guia com-pleto e definitivo dos métodos de negociação de ativos**. Saraiva, 2018. ISBN 9788553131068. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsmib&AN=edsmib.000012414&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>>.

METATRADER5. **Testador de estratégias de negociação**. 2019. Disponível em: <<https://www.metatrader5.com/pt/automated-trading/strategy-tester>>. Acesso em: 29 Mai. 2019.

MOBILIÁRIOS, C. d. V. Relações com Investidores: Da Pequena Empresa ao Mercado de Capitais. **Instituto Brasileiro de Relações com Investidores**, p. 103, 2015.

MOBILIÁRIOS, C. d. V. Direito do Mercado de Valores Mobiliários. p. 148, 2017. ISSN 2046-9012.

MOBILIÁRIOS, C. de valores. **Mercado de Valores Mobiliários Brasileiro**. [s.n.], 2019. ISBN 9788567896045. Disponível em: <[http://gmw.investidor.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/livro\\_TOP\\_mercado\\_de\\_valores\\_mobiliarios\\_brasileiro\\_4ed-1.pdf](http://gmw.investidor.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/livro_TOP_mercado_de_valores_mobiliarios_brasileiro_4ed-1.pdf)>. Acesso em: 01 Mai. 2019.

MOHAMED, A.; HEDI, E.; SANTOS, J. O. D.; COELHO, P. A.; VARGAS, F. G.; SERGIO, P.; NOGAS, M.; OLIVEIRA, R. D. F.; FUNDAÇÃO, F.; COMÉRCIO, E. D.; PENTEADO, Á.; SCHIOZER, R. F.; BARROS, L. A. B. D. C.; FRANCIS, B. B.; NOCERA, G.; ROBERTS, M.; SCHECHTMAN, R.; TOMBINI, A.; INVESTIDORES, O. S.; COMPOSIÇÃO, R. À.; PAULO, S. Á. O.; BRESSER-PEREIRA, L. C. **Importância e Evolução Crítica do Mercado de Capitais no Brasil e a Situação dos Acionistas Minoritários**. [S.l.: s.n.], 2010. 23–37 p. ISBN 1199900471.

NELSON, D. M. Q. **Uso de redes neurais recorrentes para previsão de séries temporais financeiras**. Belo Horizonte: [s.n.], fev 2017. 73 p.

NETO, A. A. **Matemática financeira e suas aplicações**. Atlas, 2019. ISBN 9788597020953. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat07269a&AN=utfpr.290586&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>>.

OLIVEIRA, V. I. d. **Gestão de riscos no mercado financeiro**. Saraiva, 2018. ISBN 9788547233013. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsmib&AN=edsmib.000012675&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>>.

PEROBELLI, F. F. C. Mercado de capitais. **GV-executivo**, v. 6, n. 1, p. 25, 2018. ISSN 1806-8979.

PESENTE, R. **Mercados financeiros**. Superintendência de Educação a Distância, 2019. ISBN 978-85-8292-190-6. Disponível em: <<http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/30851>>.

PIAZZA, M. C. **Bem vindo a bolsa de valores**. Rua Sansão Alves dos Santos, 102 - 2º and. - Cj. 21 - Brooklin Novo 04571-090 - São Paulo - SP: Novo Conceito, 2008, 2008. 1-181 p. ISBN 9788599560303.

PINHEIRO, J. L. **Mercado de capitais**. Atlas, 2019. ISBN 9788597021431. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsmib&AN=edsmib.000014837&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>>.

PORTAL DO INVESTIDOR. **Entendendo o mercado de valores mobiliários**. 2019. Disponível em: <[http://www.investidor.gov.br/menu/primeiros\\_passos/Entendendo\\_mercado\\_valores.html](http://www.investidor.gov.br/menu/primeiros_passos/Entendendo_mercado_valores.html)>. Acesso em: 05 Mai. 2019.

PORTAL DO INVESTIDOR. **Princípios de investimentos**. 2019. Disponível em: <[http://www.investidor.gov.br/menu/primeiros\\_passos/principios\\_investimento.html](http://www.investidor.gov.br/menu/primeiros_passos/principios_investimento.html)>. Acesso em: 07 Mai. 2019.

PORTAL DO INVESTIDOR. **Entendendo o Mercado de Valores Mobiliário**. 2021. Disponível em: <[https://www.investidor.gov.br/menu/primeiros\\_passos/Entendendo\\_mercado\\_valores.html](https://www.investidor.gov.br/menu/primeiros_passos/Entendendo_mercado_valores.html)>. Acesso em: 16 Mai. 2021.

POTRICH, A. C. G. **Método Nufipec de Investimentos**. 2021. Disponível em: <<https://nufipec.paginas.ufsc.br/files/2021/02/Método-NUFIPEC-de-Investimentos-1.pdf>>. Acesso em: 16 Mai. 2021.

QUOTES, M. A **MetaQuotes Software Corp. é uma desenvolvedora líder de software de negociação financeira**. 2019. Disponível em: <<https://www.metaquotes.net/en/company>>. Acesso em: 29 Mai. 2019.

RIZZOTTO, D. A.; JUSTO; SAUTER, E.; AZEVEDO, F. S. de; GUIDI, L. F.; KONZEN, P. H. d. A. Cálculo Numérico. In: **Cálculo Numérico**. [s.n.], 2018. cap. 6, p. 1–373. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/reatmat/CalculoNumerico/livro-py/livro-py.pdf>>. Acesso em: 01 Mai. 2019.

RUGGIERO, M. A. G.; LOPES, V. L. d. R. Interpolação. In: **Cálculo Numérico: Aspectos teóricos e computacionais**. 2. ed. São Paulo, SP: São Paulo: Person Makron Books, 1997. cap. 5, p. 406. ISBN 8534602042.

SILVA, D. M. Thaler - um protótipo de robô investidor utilizando análise técnica e máquinas de vetores de suporte. Instituto Federal de Minas Gerais, Formiga, v. 1, p. 116, 2018. Disponível em: <[https://www.formiga.ifmg.edu.br/documents/2018/Biblioteca/TCCs\\_e\\_Artigos/Monografia-Diego-Maicon-Silva.pdf](https://www.formiga.ifmg.edu.br/documents/2018/Biblioteca/TCCs_e_Artigos/Monografia-Diego-Maicon-Silva.pdf)>.

STEFANI, D. M.; MELO, E. R.; RODRIGUES, J. P.; PEDRO, M. B. S.; SCATENA, M. d. S. A BOLSA DE VALORES SOB A ÓTICA DOS INVESTIDORES FRANCANOS: estudo preliminar. n. 7, p. 1–15, 2013.

ZIMMERMANN, R. **Sistema Financeiro e os Experts Advisors**. 2015. Disponível em: <<https://metarobos.com/sistema-financeiro-e-os-expert-advisors/>>. Acesso em: 29 Mai. 2019.



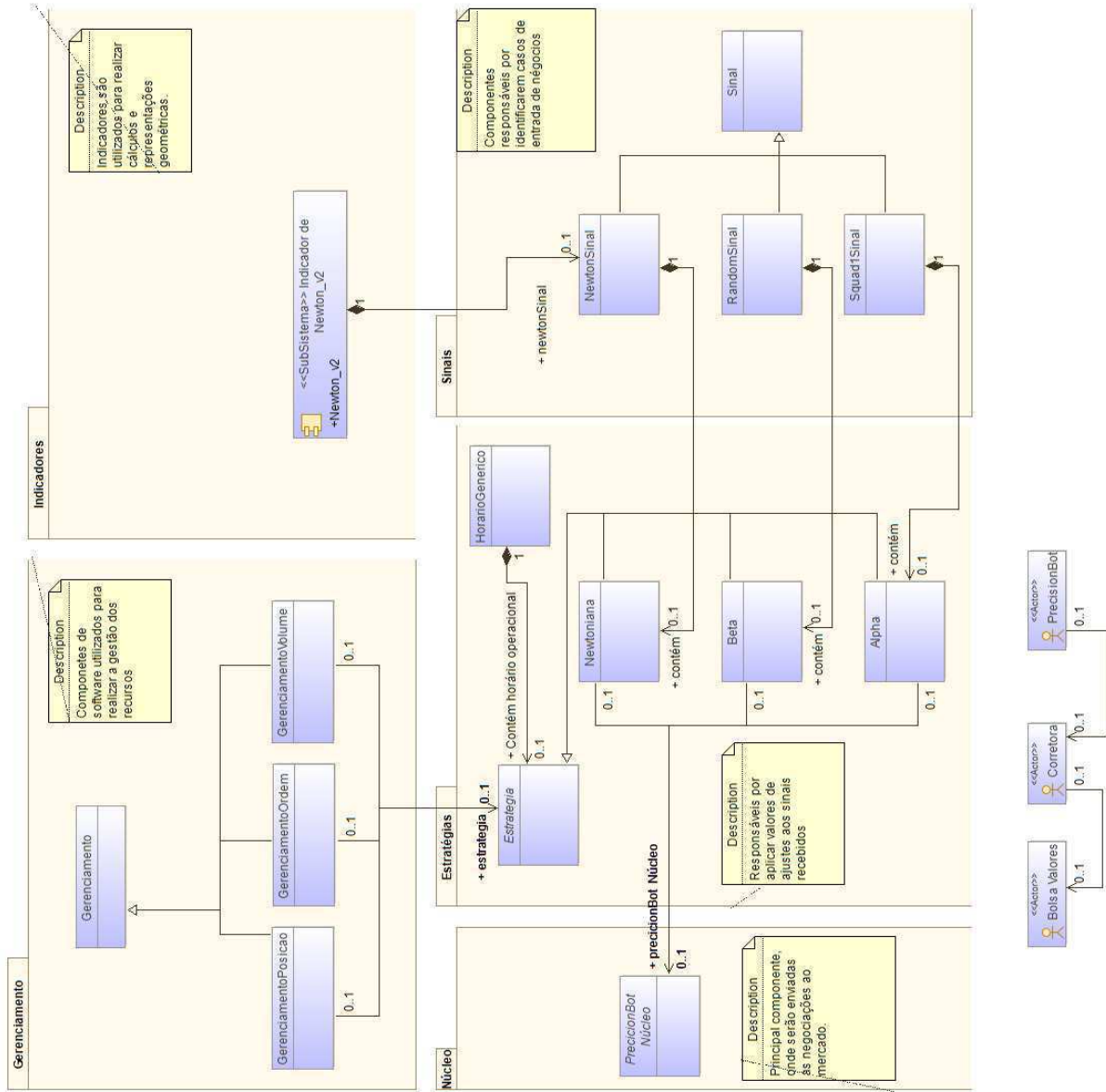


Figura 30 – Diagrama de estrutura do software.

Fonte: Autoria Própria

## .2 APÊNDICE B

Exemplifica com um caso de teste na estratégia alpha as negociações realizadas na plataforma *MetaTrader 5* usando o *software trader PrecisionBot* , sendo seu teste aplicado na empresa EMPA3 durante o intervalo definido na tabela 2.

### **Informações do software**

**Versão:** 1.16.4

**Projeto:** *PrecisionBot*

**Disponibilizado:** 22 de maio de 2021

**Link para download:** <https://github.com/RomarioFe44eira/PrecisionBot>

**Email institucional:** romario@alunos.utfpr.edu.br

<b>Transações – Alpha – EMPA3</b>							
<b>Horário</b>	<b>Ativo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Volume</b>	<b>Preço</b>	<b>Lucro</b>	<b>Saldo</b>	
2016.01.01 00:00:00		balance			25 000,00	25 000,00	
2016.01.06 10:55:30	EMPA3	sell	100	1,17	0,00	25 000,00	
2016.01.06 17:31:01	EMPA3	buy	100	1,18	- 1,00	24 999,00	
2016.01.08 10:41:00	EMPA3	sell	100	1,13	0,00	24 999,00	
2016.01.08 17:32:30	EMPA3	buy	100	1,09	4,00	25 003,00	
2016.01.11 10:58:30	EMPA3	sell	100	1,11	0,00	25 003,00	
2016.01.11 17:32:01	EMPA3	buy	100	1,07	4,00	25 007,00	
2016.01.13 10:56:30	EMPA3	sell	100	1,07	0,00	25 007,00	
2016.01.13 17:31:30	EMPA3	buy	100	1,05	2,00	25 009,00	
2016.01.29 10:01:30	EMPA3	buy	100	1,08	0,00	25 009,00	
2016.01.29 17:32:30	EMPA3	sell	100	1,10	2,00	25 011,00	
2016.02.05 10:33:30	EMPA3	buy	100	1,19	0,00	25 011,00	
2016.02.10 17:40:01	EMPA3	sell	100	1,22	3,00	25 014,00	
2016.03.04 10:01:30	EMPA3	buy	100	1,33	0,00	25 014,00	
2016.03.04 17:40:30	EMPA3	sell	100	1,38	5,00	25 019,00	
2016.03.07 10:13:01	EMPA3	buy	100	1,41	0,00	25 019,00	
2016.03.07 17:34:30	EMPA3	sell	100	1,38	- 3,00	25 016,00	
2016.03.09 10:08:30	EMPA3	buy	100	1,45	0,00	25 016,00	
2016.03.09 17:33:01	EMPA3	sell	100	1,40	- 5,00	25 011,00	
2016.03.21 10:55:00	EMPA3	buy	100	1,45	0,00	25 011,00	
2016.10.17 17:31:01	EMPA3	sell	100	1,80	35,00	25 046,00	
2016.10.20 10:00:30	EMPA3	buy	100	1,88	0,00	25 046,00	
2016.10.20 17:49:30	EMPA3	sell	100	1,87	- 1,00	25 045,00	
2016.11.14 10:13:01	EMPA3	sell	100	1,72	0,00	25 045,00	
2016.11.14 17:47:01	EMPA3	buy	100	1,63	9,00	25 054,00	
2016.12.02 10:21:30	EMPA3	sell	100	1,61	0,00	25 054,00	
2016.12.02 17:32:30	EMPA3	buy	100	1,61	0,00	25 054,00	
2016.12.06 10:21:00	EMPA3	sell	100	1,60	0,00	25 054,00	
2016.12.06 17:31:30	EMPA3	buy	100	1,59	1,00	25 055,00	
2017.01.27 10:14:30	EMPA3	buy	100	1,80	0,00	25 055,00	
2017.01.27 17:34:30	EMPA3	sell	100	1,82	2,00	25 057,00	
2017.02.06 10:17:00	EMPA3	buy	100	1,89	0,00	25 057,00	
2017.02.06 17:35:30	EMPA3	sell	100	1,88	- 1,00	25 056,00	
2017.02.08 10:06:30	EMPA3	buy	100	1,92	0,00	25 056,00	
2017.02.08 17:46:00	EMPA3	sell	100	1,91	- 1,00	25 055,00	
2017.03.22 10:56:30	EMPA3	sell	100	2,04	0,00	25 055,00	
2017.10.16 17:39:30	EMPA3	buy	100	2,06	- 2,00	25 053,00	
2017.10.26 10:02:30	EMPA3	sell	100	1,96	0,00	25 053,00	
2017.10.26 17:36:01	EMPA3	buy	100	1,98	- 2,00	25 051,00	
2017.11.24 10:03:30	EMPA3	buy	100	1,88	0,00	25 051,00	
2017.11.24 17:33:30	EMPA3	sell	100	1,81	- 7,00	25 044,00	
2017.11.29 10:07:30	EMPA3	sell	100	1,77	0,00	25 044,00	
2017.11.29 17:41:01	EMPA3	buy	100	1,77	0,00	25 044,00	
2017.12.01 10:01:30	EMPA3	sell	100	1,72	0,00	25 044,00	
2017.12.01 17:31:30	EMPA3	buy	100	1,74	- 2,00	25 042,00	
2018.01.19 10:00:30	EMPA3	sell	100	1,82	0,00	25 042,00	
2018.01.19 17:33:30	EMPA3	buy	100	1,85	- 3,00	25 039,00	
2018.01.23 10:03:30	EMPA3	buy	100	1,87	0,00	25 039,00	
2018.01.23 17:31:30	EMPA3	sell	100	1,84	- 3,00	25 036,00	
2018.01.29 10:00:01	EMPA3	buy	100	1,95	0,00	25 036,00	
2018.01.29 17:31:30	EMPA3	sell	100	1,95	0,00	25 036,00	

**Figura 31 – Exibe a parte 1 as negociações concretizadas no uso da estratégia alpha aplicada na empresa EMPA1**

**Fonte: Autoria Própria**

2018.03.12 10:00:30	EMPA3	buy	100	2,10	0,00	25 036,00
2018.11.05 17:38:01	EMPA3	sell	100	2,47	37,00	25 073,00
2018.11.06 10:03:30	EMPA3	buy	100	2,48	0,00	25 073,00
2018.11.06 17:31:00	EMPA3	sell	100	2,47	- 1,00	25 072,00
2018.11.07 10:01:00	EMPA3	buy	100	2,51	0,00	25 072,00
2018.11.07 17:32:01	EMPA3	sell	100	2,43	- 8,00	25 064,00
2018.12.26 10:02:01	EMPA3	sell	100	2,64	0,00	25 064,00
2018.12.26 17:31:01	EMPA3	buy	100	2,69	- 5,00	25 059,00
2019.01.02 10:06:01	EMPA3	buy	100	2,94	0,00	25 059,00
2019.01.02 17:31:00	EMPA3	sell	100	2,79	- 15,00	25 044,00
2019.01.11 10:01:01	EMPA3	buy	100	2,86	0,00	25 044,00
2019.01.11 17:41:01	EMPA3	sell	100	2,85	- 1,00	25 043,00
2019.01.15 10:01:01	EMPA3	buy	100	2,96	0,00	25 043,00
2019.01.15 17:37:30	EMPA3	sell	100	2,91	- 5,00	25 038,00
2019.01.16 10:02:01	EMPA3	buy	100	2,97	0,00	25 038,00
2019.01.16 17:35:01	EMPA3	sell	100	2,89	- 8,00	25 030,00
2019.01.29 10:07:30	EMPA3	buy	100	3,13	0,00	25 030,00
2019.01.29 17:33:01	EMPA3	sell	100	3,13	0,00	25 030,00
2019.02.21 10:08:30	EMPA3	sell	100	2,98	0,00	25 030,00
2019.02.21 17:31:00	EMPA3	buy	100	2,96	2,00	25 032,00
2019.02.28 10:01:30	EMPA3	buy	100	3,02	0,00	25 032,00
2019.02.28 17:37:01	EMPA3	sell	100	3,05	3,00	25 035,00
2019.03.08 10:07:00	EMPA3	sell	100	2,87	0,00	25 035,00
2019.03.08 17:31:00	EMPA3	buy	100	2,97	- 10,00	25 025,00
2019.03.13 10:00:00	EMPA3	buy	100	3,09	0,00	25 025,00
2019.05.17 15:30:01	EMPA3	sell	100	3,81	72,00	25 097,00
2019.05.29 10:02:01	EMPA3	buy	100	4,05	0,00	25 097,00
2019.07.19 16:08:40	EMPA3	sell	100	4,45	40,00	25 137,00
2019.07.29 10:01:00	EMPA3	sell	100	4,33	0,00	25 137,00
2019.09.02 11:33:40	EMPA3	buy	100	5,33	- 100,00	25 037,00
2019.09.16 10:09:00	EMPA3	sell	100	5,08	0,00	25 037,00
2019.10.22 12:26:40	EMPA3	buy	100	4,82	26,00	25 063,00
2019.10.25 10:01:01	EMPA3	buy	100	4,98	0,00	25 063,00
2019.11.04 17:32:01	EMPA3	sell	100	5,21	23,00	25 086,00
2019.11.14 10:08:30	EMPA3	buy	100	5,73	0,00	25 086,00
2019.11.14 17:31:00	EMPA3	sell	100	5,80	7,00	25 093,00
2020.01.13 10:11:30	EMPA3	buy	100	7,29	0,00	25 093,00
2020.01.13 17:31:01	EMPA3	sell	100	7,40	11,00	25 104,00
2020.02.05 10:00:00	EMPA3	buy	100	7,92	0,00	25 104,00
2020.02.05 17:31:30	EMPA3	sell	100	7,76	- 16,00	25 088,00
2020.02.28 10:00:00	EMPA3	sell	100	7,51	0,00	25 088,00
2020.02.28 17:31:00	EMPA3	buy	100	7,51	0,00	25 088,00
2020.03.09 10:01:00	EMPA3	sell	100	7,16	0,00	25 088,00
2020.03.09 11:24:40	EMPA3	buy	100	6,88	28,00	25 116,00
2020.03.10 10:05:00	EMPA3	sell	100	6,96	0,00	25 116,00
2020.03.11 16:36:20	EMPA3	buy	100	6,39	57,00	25 173,00
2020.03.11 16:36:20	EMPA3	sell	100	6,40	0,00	25 173,00
2020.03.12 14:13:40	EMPA3	buy	100	5,54	86,00	25 259,00
2020.03.12 14:13:40	EMPA3	sell	100	5,58	0,00	25 259,00
2020.03.18 15:59:30	EMPA3	buy	100	5,05	53,00	25 312,00
2020.03.25 10:01:30	EMPA3	sell	100	4,79	0,00	25 312,00
2020.03.26 11:23:30	EMPA3	buy	100	5,79	- 100,00	25 212,00
2020.05.08 10:07:01	EMPA3	sell	100	5,01	0,00	25 212,00

**Figura 32 – Exibe a parte 2 as negociações concretizadas no uso da estratégia alpha aplicada na empresa EMPA1**

**Fonte: Autoria Própria**



2020.06.03 10:16:40	EMPA3	buy	100	6,01	- 100,00	25 112,00
2020.06.05 10:04:00	EMPA3	buy	100	6,02	0,00	25 112,00
2020.11.03 17:31:00	EMPA3	sell	100	5,47	- 55,00	25 057,00
2020.12.02 10:01:01	EMPA3	buy	100	6,47	0,00	25 057,00
2020.12.02 17:32:30	EMPA3	sell	100	6,45	- 2,00	25 055,00
2020.12.03 10:00:01	EMPA3	buy	100	6,53	0,00	25 055,00
2020.12.03 17:31:01	EMPA3	sell	100	6,41	- 12,00	25 043,00
2020.12.14 10:01:00	EMPA3	buy	100	6,62	0,00	25 043,00
2020.12.14 17:31:30	EMPA3	sell	100	6,56	- 6,00	25 037,00
2020.12.29 10:05:00	EMPA3	buy	100	7,07	0,00	25 037,00
2020.12.29 17:31:01	EMPA3	sell	100	6,85	- 22,00	25 015,00
2021.02.19 10:09:30	EMPA3	sell	100	6,14	0,00	25 015,00
2021.02.19 17:31:30	EMPA3	buy	100	6,11	3,00	25 018,00
2021.02.22 10:01:00	EMPA3	sell	100	6,04	0,00	25 018,00
2021.02.22 17:32:00	EMPA3	buy	100	5,93	11,00	25 029,00
2021.02.23 10:07:30	EMPA3	sell	100	5,98	0,00	25 029,00
2021.02.23 17:31:00	EMPA3	buy	100	5,98	0,00	25 029,00
2021.02.25 10:03:01	EMPA3	sell	100	5,94	0,00	25 029,00
2021.02.25 17:31:01	EMPA3	buy	100	5,85	9,00	25 038,00
2021.02.26 10:01:00	EMPA3	sell	100	5,86	0,00	25 038,00
2021.02.26 17:31:01	EMPA3	buy	100	5,75	11,00	25 049,00
<b>49,00</b>						<b>25 049,00</b>

**Figura 33 – Exibe a parte 3 as negociações concretizadas no uso da estratégia alpha aplicada na empresa EMPA1**

**Fonte: Autoria Própria**